

natuur en techniek



7 | '83

51^e jaargang

natuurwetenschappelijk en technisch maandblad

Bij de omslag

Als er binnen een paar jaar ruimtestations rond de aarde draaien, zal dit er een deel van zijn: een 'garage', met daarin de ruimtesleepboot. Het spaart veel brandstof als satellieten eerst met het ruimteveer (de Space Shuttle) naar een lage aardbaan gebracht worden, naar het station dus, om van daar per sleepboot naar hun definitieve hoge baan gebracht te worden (zie ook het artikel op pag. 472 e.v.)

(Foto: Boeing Aerospace Corporation, Seattle.)

NATUUR en TECHNIEK verschijnt maandelijks, uitgegeven door de Centrale Uitgeverij en Adviesbureau B.V. te Maastricht. Redactie en Administratie zijn te bereiken op:

Voor Nederland: Postbus 415, 6200 AK Maastricht. Telefoon: 043-54044*.

Voor België: Tervurenlaan 62, 1040-Brussel. Telefoon: 0031-4354044.

Advertentie-exploitatie: D. Weijer. Tel. 05987-23065.

Hoofdredactie: Th. J. M. Martens.

Redactie: lic. P. Van Dooren, Drs. L. A. de Kok, Drs. T. J. Kortbeek, Drs. H. R. Roelfsema, J. A. B. Verduijn.

Redactiesecretaresse: T. Habets-Older Juninck.

Redactiemedewerkers: A. de Kool, Drs. Chr. Titulaer en Dr. J. Willems.

Wetenschappelijke correspondenten: Ir. J.D. van der Baan, Dr. P. Bentvelzen, Drs. W. Bijleveld, Dr. E. Dekker, Drs. C. Floor, Drs. L.A.M. v.d. Heijden, Dr. F.P. Israel, Prof. dr. H. Janssens, Drs. J.A. Jasperse, Dr. D. De Keukeleire, Dr. C.M.E. Otten, Ir. A.K.S. Polderman, Dr. J.F.M. Post, R. J. Querido, Dr. A.F.J. v. Raan, Dr. A.R. Ritsema, Dr. M. Sluysen.

Redactie Adviesraad: Prof. dr. W. J. van Doorenmaalen, Prof. dr. W. Fiers, Prof. dr.

J. H. Oort, Prof. dr. ir. A. Rörsch, Prof. dr. R. T. Van de Walle, Prof. dr. F. Van Noten.

De Redactie Adviesraad heeft de taak de redactie van Natuur en Techniek in algemene zin te adviseren en draagt geen verantwoordelijkheid voor afzonderlijke artikelen.

Grafische vormgeving: H. Beurskens, W. Keulers-v.d. Heuvel, M. Verreijdt.

Druk.: VALKENBURG offset, Echt (L.). Telefoon 04754-1223*.

Artikelen met nevenstaand vignet resulteren uit het EURO-artikelen project, waarin NATUUR EN TECHNIEK samenwerkt met ENDEAVOUR (GB), LA RECHERCHE (F), UMSCHAU (D), SCIENZA E TECNICA (I) en TECHNOLOGY IRELAND (EI), met de steun van de Commissie van de Europese Gemeenschap.

EURO
ARTIKEL

Abonnementenprijs (12 nummers per jaar, incl. porto): Voor Nederland, resp. België: f 95,— of 1825 F. Overige landen: + f 35,— extra porto (zeepost) of + f 45,— tot f 120,— (lucht-post). Losse nummers: f 7,70 of 150 F (excl. verzendkosten).

Abonnementen op NATUUR en TECHNIEK kunnen ingaan per 1 januari óf per 1 juli, doch worden dan afgesloten tot het einde van het lopende abonnementsjaar. Zonder schriftelijke opzegging vóór het einde van elk kalenderjaar, wordt een abonnement automatisch verlengd voor de volgende jaargang. TUSSENTIJDEN kunnen geen abonnementen worden geannuleerd.

Postrekeningen: Voor Nederland: nr. 1062000 t.n.v. Natuur en Techniek te Maastricht.

Voor België: nr. 000-0157074-31 t.n.v. Natuur en Techniek te Brussel.

Bankrelaties: Voor Nederland: AMRO-Bank N.V. te Heerlen, nr. 44.82.00.015.

Voor België: Kredietbank Brussel, nr. 437.6140651-07.

Gehele of gedeeltelijke overname van artikelen en illustraties in deze uitgave (ook voor publikaties in het buitenland) mag uitsluitend geschieden met schriftelijke toestemming van de uitgever en de auteur(s).



ISSN 0028-1093

Een uitgave van



Centrale uitgeverij en adviesbureau b.v.

natuurwetenschappelijk en technisch maandblad

pag. 472-487

SISO 659.47, 659.85



Chr. Titulaer - Leven in de ruimte - Technisch mogelijk, maar...

De ruimte is ons wezensvreemd. Er is geen lucht om te ademen, geen luchtdruk om te verhinderen dat we exploderen, het is er afgrijselijk koud of kokend heet, er is geen onder of boven en we missen er ons vertrouwde gewicht. Nu we langdurig in de ruimte willen gaan verblijven en werken worden we ook door ander factoren bedreigd. Ruimtebiologen en medici zoeken momenteel uit wat we kunnen doen tegen problemen als ruimteziekte, ontkalking, spierafbraak en stralingen. En dan is er nog de psychologie. Want mensen onder zware belasting langdurig samen in een kleine ruimte stoppen, dat is vragen om brokken.

pag. 488-503

SISO 615.7, 599.7



Bruno Ribadeau-Dumas - Moedermelk.

In de medische wereld is men het er wel over eens dat moedermelk beter is voor het kind, hoewel het nog niet geheel duidelijk is waarom eigenlijk, ondanks het vele onderzoek. De samenstelling van melk varieert van diersoort tot diersoort, zodat dierlijke melk altijd 'gehumaniseerd' zal moeten worden om als babyvoedsel te dienen. Moedermelk varieert ook van mens tot mens en naargelang de behoeften van de baby. En dat is moeilijker na te maken. In dit artikel wordt nagegaan hoe moedermelk gevormd wordt en hoe de samenstelling ervan op de baby afgestemd is.

pag. 504-519

SISO 552.4



John R. Dickel en Imke de Pater - Uranus, Neptunus en Pluto - De onbekende buitenplaneten.

Door de grote afstand zijn waarnemingen vanaf de aarde van de planeten Uranus, Neptunus en Pluto erg moeilijk. Toch weet men al heel wat van deze planeten. Met steeds gevoeliger detectoren en de geplande Space Telescope zal men in de nabije toekomst hun atmosfeer, satellieten en ringen nader bestuderen. Het is natuurlijk intrigerend of Neptunus ook een ringsysteem heeft. Van Pluto is het minst bekend, maar men weet wel dat de planeet een maantje heeft waarvan de massa slechts 8 maal kleiner is dan die van de planeet zelf!

pag. 520-535

SISO 605.19



H.K. van Walbeek - Multiple Sclerose - Geleidingsproblemen in zenuwvezels.

Multiple Sclerose is een chronische ziekte van het centraal zenuwstelsel. Hierdoor gaat de geleiding van de zenuwprikkels veel langzamer. De gevolgen hiervan zijn onder andere coördinatiestoornissen (lopen), slechter zien of moeilijkheden bij het urineren. Men is op zoek naar methoden om MS te genezen, of om althans de ziekteverschijnselen (symptomen) te voorkomen, maar tot nu toe zijn pas enkele daarvan goed te ondervangen. Doordat de ziekte zich jaren voortsleept, vormt zij niet alleen een geneeskundig maar ook een sociaal probleem.

pag. 536-543
pag. 544

Actueel.
Tekst van toen.

Jubileumgeschenk voor onze

Belangrijke reductie op de kosten voor deelname aan het

Jubileumcongres

ONDERWIJS EN

Nu en in de toekomst



Door de weerklink van dit Congres, waarvoor vijf Nobelprijswinnaars op uitnodiging speciaal naar ons land komen, verleenden vele instituten hun medewerking. Daardoor zijn wij nu tevens in staat de kosten voor deelname aan dit Congres voor al degenen die thans op ons tijdschrift zijn geabonneerd *aanzienlijk* te verlagen.

Die inschrijvingskosten bedragen thans:

voor deelname tijdens één dag f 35,- of 675 F

voor deelname tijdens beide dagen f 55,- of 1000 F

Bovengenoemde deelnamekosten zijn inclusief de lunch(es), koffie, thee en aperitief en gelden voor al degenen die op de datum van inschrijving geabonneerd zijn op Natuur en Techniek.

De inschrijvingskosten voor leraren en docenten, alsmede voor leerlingen en studenten, bij het middelbaar en hoger onderwijs bedragen:

voor deelname tijdens één dag f 50,- of 975 F

voor deelname tijdens beide dagen f 85,- of 1650 F

De inschrijvingskosten voor alle overige deelnemers blijven:

voor deelname tijdens één dag f 150,- of 2895 F

voor deelname tijdens beide dagen f 250,- of 4785 F

U heeft al een aparte brief gehad, met daarbij een acceptgirokaart of overschrijvingsformulier. Daarmee kunt U thans voor deelname aan dit Congres inschrijven. Afhankelijk van deze deelname – voor één of beide dagen – gelieve U de verschuldigde kosten: f 35,- of f 55,- (resp. 675 of 1000 F) al in, zèlf op deze girokaart (of het overschrijvingsformulier) in te vullen en het betreffende O zwart te maken. Wilt U verzekerd zijn van een plaats in de Congreszaal, dan dient dit bedrag uiterlijk vóór 25 augustus bij ons te zijn ontvangen. Indien u de girokaart of het formulier kwijtgeraakt bent, kunt u uiteraard ook zelf overschrijven (Voor Nederland, giro nr. 1 062 000, voor België PCR 000-0157074-31, onder vermelding van 'Congres' en '30 en/of 31 augustus').

Ondertussen is ook bekend dat op dinsdag 30 augustus a.s. de openingstoespraak tijdens het Congres, dat bij gelegenheid van het 50-jarig bestaan van Natuur en Techniek plaats vindt, zal worden gehouden door de Nederlandse Minister-President, drs. R.R.M. Lubbers. Hij zal in zijn openingstoespraak speciaal ingaan op de toekomst van onderwijs en wetenschappen in het licht van de economie in ons land.

Nadere informatie, alsmede het complete programma, vindt u in het meinumner, alsmede in deze aflevering van Natuur en Techniek.

U kunt ook bellen of schrijven naar:

Congresbureau Onderwijs en Wetenschap

Postbus 415 - 6200 AK MAASTRICHT

Telefoon (0)70-814481, tst. 429 of: (0)43-54044 tst. 26

abonnees

50
JAAR
natuur
en
techniek

WETENSCHAP

30 en 31 augustus 1983
Nederlands Congresgebouw Den Haag

Onderwijs en wetenschap zijn twee belangrijke factoren in onze samenleving, waartussen een relatie bij voorbaat vaststaat. Onderwijs is noodzakelijk om tot hoogstaande wetenschapsbeoefening te komen. In onze samenleving zal de industriële bedrijvigheid, die vooral steunt op de beoefening van de moderne natuurwetenschappen, daardoor mede worden gestimuleerd.

De relaties zijn duidelijk, maar daarnaast is elk van belang als zelfstandig onderdeel van ons cultuurpatroon. Onderwijs is in de eerste plaats kennisoverdracht van generatie op generatie en kennisvermeerdering is op zichzelf de belangrijkste drijfveer bij de wetenschapsbeoefening die voortkomt uit de menselijke nieuwsgierigheid.

In onze tijd kampt elk van deze activiteiten met zijn eigen moeilijkheden en dreigt daarin te verstikken. In onze westerse wereld staan ze alle twee relatief op een hoog niveau, maar de ideale onderwijsvorm is nog niet gevonden en de wetenschapsbeoefening vindt per definitie in een klimaat van de grootst mogelijke twijfel plaats. Voor alle twee geldt dat men zoekt naar grenzen die aan elk van deze activiteiten moeten worden gesteld. Die grenzen zijn er, omdat de (economische) bomen niet meer tot in de hemel groeien. Hoeveel onderwijs- en wetenschapsinspanningen kunnen we ons nog veroorloven?

Op langere termijn zijn er nog andere problemen: de laatste jaren wordt in onze samenleving de uitschakeling van de menselijke bedrijvigheid, hetgeen tot werkloosheid leidt, steeds meer manifest. En juist die menselijke bedrijvigheid in onze industrie heeft een belangrijke invloed op onderwijs en wetenschapsbeoefening. . . . Onder deze druk lijken beide activiteiten zo sterk met hun eigen problemen bezig, dat men hun samenhang en betekenis uit het oog dreigt te verliezen. En toch ligt in de beschouwing van die samenhang en betekenis, gezien ook de enorme toename van onze kennis over de natuurwetenschappen in de laatste decennia, de sleutel tot de oplossing.

Vandaar dit congres.

Dat hiermede de oplossing gevonden kan worden, is uitgesloten. Daarvoor zijn de problemen te gecompliceerd. En dat is ook niet de ambitie van een tijdschrift als Natuur en Techniek. De ambitie ervan is wel, zo objectief mogelijke voorlichting te geven over ontwikkelingen in de natuurwetenschappen. En hoewel de term ONDERWIJS niet in de naam ervan voorkomt, richt het zich ook daarop: zowel op de huidige jonge generatie als op de oudere, in het kader van een 'education permanente'.

Vandaar dit congres, onder deze titel.

Th.J.M. Martens
Directeur-Hoofdredacteur

De basiswet van de natuur

Prof. dr. Steven Weinberg
University of Texas
Nobelprijs Natuurkunde 1979



Zo lang hij leeft, heeft de mens al geprobeerd de natuur te doorgronden. Griekse filosofen, alchemisten, 'natural philosophers' en natuurwetenschappers, zij allen hebben op hun manier een bijdrage geleverd aan deze oeroude speurtocht van het menselijk ras. Misschien zijn wij de generatie die het doel zal bereiken. De alchemisten slaagden er niet in het basisprincipe van de materie te vinden. Zij zochten tevergeefs naar de mogelijkheid materie in andere materie — zelfs in goud — om te zetten. Intussen kennen wij die ene factor die de hele chemie schraagt. Dat is geen 'steen der wijzen', maar een kracht: de elektromagnetische kracht. Alle chemische reacties zijn uitingvormen van die ene kracht.

Zo zijn alle andere aspecten van de natuur te herleiden tot nog drie andere fundamentele krachten: de zwaartekracht, die Newtons appel niet ver van de boom deed vallen; de sterke kracht, die protonen en neutronen samenhoudt; de zwakke kracht, die de radioactiviteit beheerst. Ze hebben één ding gemeen: als twee deeltjes een kracht op elkaar uitoefenen, doen ze dat door uitwisseling van deeltjes: de bekende fotonen voor de elektromagnetische kracht, de mesonen voor de sterke kracht, de (nog niet ontdekte) gravitonen voor de zwaartekracht, de bosonen W^+ , W^- en Z^0 voor de zwakke kracht. Voor de rest zijn die krachten totaal verschillend.

Als we die vier basispijlers van de natuur kunnen laten rusten op één fundament, hebben we ook de grondformule voor het heelal te pakken: de Oerwet. Dat doel, waar Einstein bijna zijn hele leven aan besteedde, komt in zicht. Weinberg bracht, met anderen, de elektromagnetische en zwakke kracht al onder één noemer. Hun unificatietheorie werd een paar maanden geleden magistraal bevestigd door de ontdekking bij CERN van het W^+ , W^- en Z^0 -boson. En als we in de materie steeds meer energie stoppen en zo terugrekenen (we zijn technisch nog niet in staat het experiment echt te doen) schijnen de andere krachten ook steeds meer op elkaar te gaan lijken. Als we maar ver genoeg terugrekenen moeten we bij de oerwet uitkomen.

Er is nog een andere manier van terugrekenen. De astronomen weten al lang dat ons heelal uitdijt: alles vlucht van elkaar weg. Als we terugrekenen moet alles zo'n vijftien miljard jaar geleden uit één punt gekomen zijn. De hele energie van het universum moet in dat ene punt gezeten hebben, dat met een gigantische explosie, de Oerknal, de start gaf aan het ons bekende heelal.

Op dat moment was de energie zo hoog dat de Oerwet gold. Na korte tijd was alles zo ver afgekoeld dat de Oerkracht zich onder verschillende vormen ging manifesteren: de bekende fundamentele krachten. Weinberg beschreef dit alles in een fascinerend boek, dat al in vijftien talen vertaald werd. De Nederlandse editie, waarvoor hij nog een speciaal hoofdstuk schreef, verschijnt onder de titel 'De eerste drie minuten', binnen enkele weken bij Natuur en Techniek.

Chemische beïnvloeding van het gedrag

Prof. dr. David de Wied
Rudolf Magnus Instituut voor Farmacologie
Rijksuniversiteit Utrecht
Voorzitter afdeling Natuurkunde
Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen.



Sinds de ontdekking van insuline in de jaren twintig en daarvoor reeds van het schildklierhormoon, hebben de hormonen als geneesmiddelen een revolutie veroorzaakt in de behandeling van ziekten, die het gevolg zijn van stoornissen in de productie van die hormonen. Maar ook als er geen tekort bestaat kunnen sommige hormonen bij allerlei ziekten worden toegepast. Bijnierschors hormonen bijvoorbeeld worden tegenwoordig bij kanker, transplantatie, asthma, reuma etc., geslachtshormonen bij anticonceptie, in de menopauze en ook bij kanker toegepast.

Een volgende revolutionaire ontwikkeling die zich op dit moment aan het voltrekken is, betreft de ontdekking van neuropeptiden die belangrijke consequenties zal hebben voor de toekomstige behandeling van hersenziekten. Deze peptide-

hormonen zijn afkomstig van grote voorlopermoleculen, waaruit zij onder invloed van eiwitplitsende enzymen kunnen worden losgemaakt. In het orgaan waarin zich deze voorlopermoleculen bevinden (hypofyse, darm of hersenen) bevinden zich verschillende enzymen. Deze bepalen hoe de voorloper wordt gesplitst en welke de eindprodukten van de splitsing zullen zijn. Vooral in de hersenen worden peptidehormonen in vele kleine fragmenten opgesplitst. Deze fragmenten blijken allerlei invloeden op het gedrag uit te oefenen.

Afwijkingen in de aanmaak, de afgifte of een verminderde gevoeligheid van hersenstructuren voor deze stoffen kunnen mogelijk aanleiding zijn tot stoornissen in het gedrag. Er zijn reeds meer dan 30 neuropeptiden in de hersenen gevonden. Zij beïnvloeden processen zoals leren en geheugen, pijn en verslaving, bloeddruk, eten en drinken, seksueel en sociaal gedrag, moederschapsgedrag, de hersencirculatie en de hersenstofwisseling, slapen en waken, de lichaams-temperatuur en de hersenontwikkeling. De resultaten van dergelijk onderzoek suggereren dat het in de toekomst mogelijk zal zijn leer- en geheugenstoornissen, zoals die bij veroudering en bij bepaalde ontwikkelingsstoornissen voorkomen, te behandelen. Bovendien, zo lijkt het, zullen psychiatrische ziekten meer toegankelijk worden voor behandeling.

Heeft God met dobbelstenen gespeeld?

Prof. dr. Manfred Eigen
Max Planck Institut für Biophysikalische Chemie
Göttingen
Nobelprijs scheikunde 1967



Wat gebeurde er miljarden jaren geleden in de aardse oersoep en oeratmosfeer? Onze biochemische en geologische kennis maakt het mogelijk terug te gaan tot de tijd dat de eerste moleculen ontstonden. Men neemt aan dat zich een evolutie voltrok van eenvoudige naar complexe verbindingen en van levenloze naar levende materie (d.w.z. biomoleculen die zichzelf vermenigvuldigen en handhaven tegen de nivellerende krachten van hun omgeving in). Hoe ging dat alles in zijn werk?

Darwin heeft in zijn evolutietheorie op bevredigende wijze het ontstaan van soorten verklaard. Hoe echter de eerste soort, de eerste cel of de eerste levende moleculen op aarde ontstonden, is daarmee niet duidelijk.

Manfred Eigen kreeg in 1967 al op 40-jarige leeftijd de Nobelprijs voor zijn 'Studies of extremely fast chemical reactions'. Hij doet nog steeds onderzoek op dit gebied en bestudeert processen zoals die aan het begin van de evolutie moeten zijn opgetreden.

Volgens Eigen moet zich op de jonge aarde ook een evolutieproces van 'pre'-biotische moleculen hebben voorgedaan. Zo zouden, in een door natuurwetten en toeval geleide ontwikkeling, uit levenloze bestanddelen van de primitieve aarde ook de bouwstenen zijn gevormd voor de genetische code.

Modellen en experimenten met RNA tonen aan dat zich tussen soortgelijke moleculen inderdaad een strijd om het bestaan kan afspelen en dat er op dit niveau sprake is van selectie. We kunnen stambomen opstellen van biomoleculen en omgekeerd uit overeenkomsten in die moleculen verwantschap van soorten afleiden.

Darwins ideeën zijn in het tijdperk van de moleculaire biologie dus nog steeds actueel.

De toepassing van lasers in natuurwetenschappen en techniek

Prof. dr. Nicolaas Bloembergen
Harvard University, Cambridge, Mass, U.S.A.
Nobelprijs natuurkunde 1981

Albert Einstein lanceerde in 1916 reeds het idee om elektromagnetische golven te versterken door gebruik te maken van gestimuleerde emissie van straling. Grotendeels door de achterstand van de technologie duurde het echter tot de jaren vijftig eer er een apparaat ontwikkeld werd dat gebaseerd was op dit principe: een maser, die werd gebruikt voor het versterken van microgolven.

De fysisch Nico Bloembergen, die na de Tweede Wereldoorlog uit Nederland naar de Verenigde Staten emigreerde, ontwikkelde in die jaren een zgn. solid-state maser, waarvan radio-astronomen dankbaar gebruik maakten voor de bestudering van microgolven uit het heelal. Daarna legde hij zich toe op de niet-lineaire optica en het gebruik van lasers in de spectroscopie, waarvoor hij in 1981 de Nobelprijs kreeg.

De laser zelf heeft een spectaculaire groei doorgemaakt en is een veel toegepast instrument geworden, o.a. voor onderzoek van atomen, voor kernfusie-experimenten, in de holografie, maar ook in de metaalindustrie en in de (micro-)chirurgie. Ook voor meer alledaagse toepassingen is het een bekend instrument: denk maar aan de video-plaat, de compact-disc en aan de lichtstralen in discotheken. Sommigen zien de laser als het ruimtewapen van de toekomst, maar volgens prof. Bloembergen zal het nog wel twintig jaar duren eer het zover is, als het zover komt. . . .



Naar een tweede medische revolutie?

Prof. dr. Christian de Duve
Int. Inst. of Cellular and Molecular Pathology, Brussel
Nobelprijs geneeskunde 1974

De verworvenheden van de moderne geneeskunde moet men niet onderschatten. In onze verstedelijkte maatschappij hebben we soms het idee dat gezondheid vanzelfsprekend is, dat iedere ziekte te overwinnen is. Antibiotica, openhartchirurgie, vaccinatie, pesticiden, pijnstillers, hormonen, CT-scan, psychofarmaca, transplantaties, prothesen, allemaal samen houden ze een heleboel kwalen en afwijkingen onder de duim. Maar we zijn er nog niet, nog lang niet.

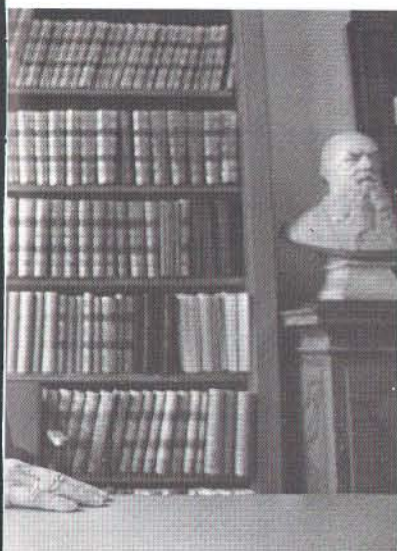
Christian de Duve: „De grote doorbraak die ons eindelijk van hartinfarcten, kanker, diabetes, malaria, zenuwzinkingen en stofwisselingsstoornissen zal verlossen, zal het werk zijn van mensen die research doen aan de randgebieden van de biologie. Dergelijk onderzoek doen we in het Instituut voor Cellulaire en Moleculaire Pathologie.”

Zo'n biologische ontdekking was het lysosoom, de 'vuilnisdienst' van de cel. Het bestaat uit zo'n veertig enzymen, omringd door een membraan. Die enzymen hebben wel ieder een voorkeur voor bepaalde stoffen, maar samen kunnen ze zowat alles aan: op te ruimen celresten, vreemde bacteriën die de cel zijn binnengedrongen, enz. Die worden dan ingepakt in een membraan. Dat membraan versmelt met het membraan van een of meer lysosomen en de afbraak kan beginnen.

Wat heeft dat nu te maken met geneeskunde? Er bestaan immers ook bacteriën die zich rustig laten inpakken, maar dan tegen afbraak bestand blijken. Hoe krijgen we dan een antibioticum in hoge concentratie bij de bacterie binnen in de cel? Het antwoord van het team van De Duve: „We hechten het aan een kleine, onschadelijke drager. Het geheel wordt in de cel opgenomen. Daar laten we de enzymen van het lysosoom het antibioticum losknippen, et voilà! De kunst is de goede binding tussen drager en geneesmiddel te vinden, die inderdaad in de lysosomen losgemaakt kan worden. Het lijkt erop dat we dat nu onder de knie krijgen. Op dezelfde manier willen we geneesmiddelen tegen kanker koppelen aan dragers die specifiek door kankercellen opgenomen worden.”

Heel wat verschillende ziektes hebben een analoge (cel)biologische achtergrond. Door op één instituut het zoeken naar een steeds dieper inzicht in de (cel)biologische processen en de praktische toepassing van die kennis te verenigen, is De Duve erin geslaagd de frontlijn van de medische wetenschap aanzienlijk te verleggen.



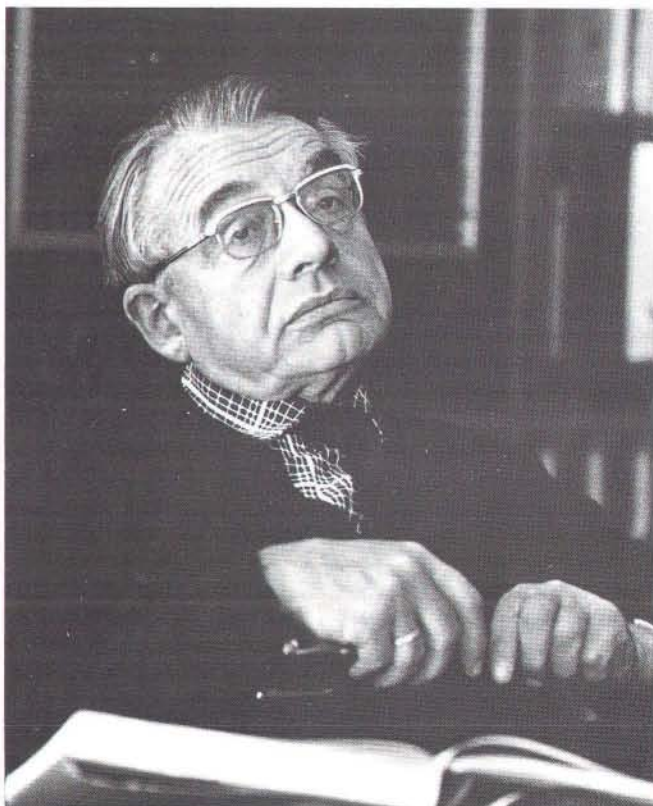


Een bevoorrecht getuige

Prof. dr. Henk B.G. Casimir
Oud-directeur Philips Natuurkundig Laboratorium
Oud-president Kon. Ned. Akademie van Wetenschappen

In 1932, het jaar waarin de eerste complete jaargang van *Natuur en Techniek* verscheen, begon de kernfysica een grote vlucht te nemen. Chadwick ontdekte het neutron, Cockroft en Walton bouwden de eerste deeltjesversneller. Het positron werd ontdekt, evenals zware waterstof: deuterium. Heisenberg kreeg de Nobelprijs voor zijn onzekerheidsrelaties. De kwantummechanica raakte toen ongeveer afgerond, maar de toepassingen, zoals de moderne rekenmachines, moesten nog komen.

Henk Casimir was net gepromoveerd en begon een wetenschappelijke carrière. Hij was tijdgenoot, medewerker, vriend, correspondent, leerling of kennis van de leden van een generatie die de natuurkunde in een stroomversnelling brachten: Bohr, Einstein, Dirac, Planck, Heisenberg, Ehrenfest, Kamerlingh Onnes, Schrödinger, Lemaître e.a. Momenteel is hij zowat de laatste van die generatie, een bevoorrecht getuige van de grote omwentelingen van de laatste halve eeuw. Zijn hele leven lang was zijn optreden gekenmerkt door een diep inzicht in de wetenschap zelf, maar ook door de wijze waarop hij wetenschap en wetenschapsbeoefening benaderde, zich daarbij steeds bewust van het uiterst menselijke karakter van beide.



Aansluitingsproblemen in ons educatief systeem

Prof. dr. J.H.G.I. Giesbers
Rector Magnificus
Kath. Universiteit Nijmegen

Misschien is het altijd al een onmogelijke opgave geweest, maar in een tijd van zeer snelle veranderingen, zoals wij die thans tengevolge van economische, technische en sociaal-culturele oorzaken doormaken, wordt het problematisch karakter van de taak van het onderwijs duidelijk zichtbaar. We zitten met een stelsel waarin zelfs het denkbeeld van een eenvoudige basisopleiding een fictie dreigt te worden: de lagere school in een buitenwijk heeft alleen het salaris van de onderwijzer gemeen met die in een oudere stadswijk met een multi-nationale bevolking.

In de vervolgopleiding dringt de vraag zich op of de opleidingsprogramma's wel leiden tot kwalificaties waar de leerlingen wat aan hebben. Hoe zinvol is wiskunde voor de toekomstige werkloze? Hoe nuttig is Engels voor de toekomstige bediener van een lasautomaat?

Aansluitingsperikelen tussen het algemeen onderwijs en het beroepsonderwijs manifesteren zich vooral bij die vakken, waar veel vraagstukken zelfstandig gemaakt moeten worden. Dat geldt eigenlijk ook voor de overgang van voorbereidend wetenschappelijk onderwijs naar het wetenschappelijk onderwijs. Kan men daar verder gaan waar het v.w.o. is opgehouden? Of is het in dergelijke gevallen misschien niet zozeer de stof die problematisch is als wel de manier van werken en de benadering van de stof?

In deze tijd wordt het probleem nog moeilijker, nu een groeiend aantal leerlingen met hun opleiding uit het v.w.o. een baan willen krijgen. Is er in het bedrijfsleven behoefte aan wat deze mensen hebben meegekregen?

En wat te denken van de aanbevelingen van de Commissie Wagner die een sterk pleidooi houdt voor een reorganisatie van het beroepsonderwijs, aangepast aan de veranderende wensen van ons bedrijfsleven?



De betekenis van de biotechnologie voor onze samenleving

Prof. dr. Paul Berg
Stanford University, Medical Center
Nobelprijs chemie 1980



De biochemicus Paul Berg slaagde er als eerste in twee DNA-moleculen van verschillende oorsprong te combineren. Biologisch en ethisch gezien betekende dat nogal wat. Omdat hij zelf al snel de potentiële gevaren van zijn genetische manipulatie inzag, riep Berg zijn collega's op om met het onderzoek voorlopig te stoppen, om eerst eens rustig alle risico's op een rijtje te kunnen zetten. Hoe gevaarlijk zouden de zelf gemaakte micro-organismen kunnen zijn? Hoe voorkom je dat een resistente ziekteverwekker uit een laboratorium ontsnapt?

De discussies daarover hebben in de laatste jaren – soms in hevige mate – plaatsgevonden. Het onderzoek gaat nu in verhoogd tempo verder en belooft de komende decennia veel op te leveren. Men is tegenwoordig niet meer zo bang voor onherroepelijke negatieve gevolgen ervan voor de volksgezondheid of het milieu. Mits goede veiligheidsmaatregelen in acht worden genomen. Berg zelf zei: 'I'd stop if there was a sound practical reason, but not if it were an ethical judgement'.

In 1980 kreeg Paul Berg, New Yorker van oorsprong en sinds 1959 verbonden aan de Stanford University in Californië, de Nobelprijs voor zijn werk in de jaren zeventig. Nu onderzoekt hij mogelijkheden om met recombinant-DNA technieken erfelijke ziekten bij de mens te voorkomen of te genezen.

Biotechnologie is een oeroude vaardigheid. Zonder het te weten maakte de mens vroeger al gebruik van microscopisch kleine organismen om voedsel te bereiden en te conserveren. Bijvoorbeeld: bier, brood, yoghurt en wijn. Sinds de ontdekking van micro-organismen en hun levensprocessen zijn we ze ook voor heel andere toepassingen gaan gebruiken. Het schimmelproduct penicilline is daarvan een bekend voorbeeld.

Met de recombinant-DNA techniek kunnen we bacteriën, schimmels of gisten, nu nog veel gericht voor ons laten werken. De mogelijke toepassingen zijn legio: de productie van voedingsstoffen en medicijnen, de verwerking van afvalstoffen, energiewinning etc.

Drs. Chr. Titulaer ('Leven in de ruimte') werd in 1943 in Venlo geboren. Hij studeerde van 1960 tot 1967 wis-, natuur- en sterrenkunde aan de rijksuniversiteit van Utrecht. In 1968 ging hij naar de Verenigde Staten voor maan- en planetenonderzoek. In 1969 en 1970 verrichtte hij te Parijs onderzoek van maanbodemmonsters. Sinds 1971 was hij als didacticus verbonden aan Teleac te Utrecht. Op dit ogenblik is hij actief op mediagebied.

Dr. Bruno Ribadeau-Dumas ('Moedermelk') werd op 10 november 1931 in Parijs geboren. Hij studeerde van 1952 tot 1955 voor landbouwingenieur en werd daarna in 1956 licentiaat wetenschappen aan de Ecole Nationale Supérieure Agronomique te Grignon. Hij promoveerde in 1970. Vanaf 1959 is hij onderzoeker aan het Institut National de Recherches Agronomiques en vanaf 1970 daar onderzoeksleider.

Prof. dr. John R. Dickel ('Uranus, Neptunus, Pluto') werd op 29 maart 1939 in New York City geboren. Hij studeerde natuurkunde aan de Yale Universiteit van 1956 tot 1960 en promoveerde in de sterrenkunde aan de Universiteit van Michigan in 1964. Hij is hoogleraar in sterrenkunde aan de Universiteit van Illinois.

Dr. Imke de Pater ('Uranus, Neptunus, Pluto') werd op 28 maart 1952 in Hengelo geboren. Zij studeerde van 1970 tot 1980 sterrenkunde te Leiden, waar zij in hetzelfde jaar cum laude promoveerde. Vanaf november 1980 is zij research associate op het Lunar and Planetary Lab. van de University of Arizona te Tucson.

Dr. H.K. van Walbeek ('Multiple Sclerose') werd op 4 mei 1943 te Goedereede geboren. Hij studeerde van 1962 tot 1970 geneeskunde aan de Universiteit van Amsterdam. Van 1976 tot 1979 was hij verbonden aan de neurologische kliniek van het Wilhelmina Gasthuis te Amsterdam. Vanaf 1979 is hij werkzaam op het Multiple Sclerose Centrum, Alexander van der Leeuwkliniek, te Amsterdam.

Auto

In een van de vele conferenties die tegenwoordig worden gewijd aan leven met chips en andere informatica zei kortgeleden een voor-aanstaand deskundige: "De angst dat het leven zal worden beheerst door micro-elektronica is volledig ongegrond. Micro-elektronica is een technisch hulpmiddel om te doen wat we willen, net als bijv. de auto. De auto doet wat ik wil en ik heb niet het gevoel dat ik moet doen wat de auto wil."

De juistheid van de laatste zinsnede valt moeilijk te betwisten. Wanneer de betrokkene zegt een gevoel te hebben is er geen enkele reden waarom we daaraan zouden twijfelen. Een heel andere vraag is, of dat gevoel ook op feiten en verschijnselen berust.

"De auto doet wat ik wil", is in elk geval niet helemaal juist. De auto doet meestal wat de bestuurder wil, wanneer de bestuurder zijn wensen aanpast aan wat de auto kan. Dat klinkt als een reusachtige open deur, maar dat is het niet. Met negentig een straathoek omgaan kan niet. Op bospaadjes en in rul zand wil de auto (gelukkig, wat mij betreft, maar daar gaat het niet om) nog wel eens dienst weigeren. Dus alleen al op zulke punten eist de auto aanpassing van de bestuurder, dus bestuurt de auto de bestuurder.

Maar er is meer. Het is niet principieel onmogelijk — afgezien van een enkele brug — langs rustige landweggetjes naar een doel te rijden, daar de auto neer te zetten en vervolgens uren of desnoods dagen te gaan wandelen. Sommige mensen doen dat zelfs. De overgrote meerderheid niet. Dat is dan misschien tot vreugde van de enkelen die het wel doen, maar dat neemt niet weg dat zeer grote aantallen mensen aan de speciaal voor auto's gebouwde grote wegen vastzitten.

Om misverstanden te voorkomen: talloze mensen die in het voor-autotijdperk de hete zomerdagen moesten doorbrengen op hun bezwete balkonnetje kunnen nu de stad uit en dat zal door de meesten als een groot voordeel worden gezien. Dit stukje is dan ook geenszins een pleidooi tegen de auto. Het gaat er alleen

maar om, dat die auto niet alleen doet wat de bestuurder wil, maar dat de bestuurder in een aantal opzichten de auto gehoorzaamt.

Iemand die in zijn eentje met een auto op de zoutvlakte van Utah zit, zal daar, binnen de grenzen van het apparaat, redelijk vrij kunnen zijn in zijn gedrag. De auto is daar een buiten elk verband staand stuk speelgoed, dat dat ook blijft zolang onze chauffeur zich er maar toe beperkt van het ene willekeurige punt op de zoutvlakte naar het andere te gaan.

Maar in Nederland en België bijv. komen zulke mogelijkheden hoegenaamd niet voor. Daar functioneert de auto wel degelijk als deel van de samenleving. Zelfs in de tijd dat er maar een enkele automobiel rondreed moest de bestuurder al uitkijken dat hij geen kippen en varkens aanreed (mensen maakten meestal wel dat ze uit de buurt kwamen).

Nu er zoveel auto's zijn zijn regels voor het autoverkeer onmisbaar. De regels zijn daarbij maar in beperkte mate aangepast aan de bestuurders en veel meer aan de auto's en hun technische eigenschappen (optrekmogelijkheden, remweg, enz.) En toch bepalen die regels in sterke mate het gedrag van de bestuurders, juist in combinatie met de auto.

Alles bij elkaar is zo het gedrag van dezelfde persoon anders wanneer hij in de auto zit, dan wanneer hij fietst of wandelt – niet noodzakelijk slechter, maar wel duidelijk anders.

Ik heb er nooit een studie over gelezen, maar het is onder automobilisten gemeengoed dat het gedrag zelfs verschilt per type auto. Agres­sieve deux-cheveaux-rijders ziet men zelden. Nu kan dat ook moeilijk anders, want of je nu agressief bent of niet, met wat tegenwind is het bij tachtig gewoon afgelopen: een grote mond tegen andere automobilisten kan je ook beter niet hebben, want het is tevoren duidelijk wie de deuken zal krijgen. Zoiets selecteert natuurlijk ook een publiek. Wie agressief ('sportief' heet dat vreemd genoeg ook wel) wil rijden schaft zich geen 2CV aan.

Maar ook binnen de klasse die technisch gesproken ongeveer vergelijkbare mogelijkheden tot agressie biedt vindt men grote verschillen. De Alfa Romeo en de BMW schijnen 'sportief' rijden uit te lokken (op een halve

meter van een achterbumper met de lichten knippen bij 120 km per uur, teneinde 0,3 seconde eerder aan de staart van de file te kunnen aansluiten), iets wat men bij Citroën-, Renault-, Volkswagen- en Saabrijders bijv. veel minder aantreft.

Waar ligt zoiets aan? Misschien aan het met een groot reclamebudget opgebouwde imago van de auto, maar zo'n imago zal toch ook wel aansluiten bij het ontwerp. Jaren geleden werden alle banken overvallen met een Citroën DS, een auto die daar technisch gesproken niet voor geschikt is. De top lag redelijk hoog, maar het acceleratievermogen was matig en in de bochten was de auto ronduit moeilijk. Maar met zijn stroomlijnen zag de auto er wel supersnel uit.

De hypothese die ik op grond hiervan zou willen formuleren is, dat met het ontwerp van de auto ook het gedrag van de bestuurder wordt mee-ontworpen. Wie o wie gaat dat eens onderzoeken?

A. de Kool

Ars Naturae Magistra ?

Het artikel over moedermelk en de pogingen die zo goed mogelijk na te maken (pag.488) is in vele opzichten belangwekkend. Het onderwerp zelf is in toenemende mate actueel: Nadat er een jaar of tien terug vooral vanuit de opkomende vrouwenbeweging een misschien sommigen wat emotioneel aandoende campagne was gestart voor borstvoeding, heeft het denkbeeld in toenemende mate aandacht gekregen, waarbij waarschijnlijk Nederland voorop loopt met het propageren ervan.

Het artikel is ook, hoewel door de aard ervan het gebruik van een aantal altijd moeilijk aandoende chemische benamingen onvermijdelijk was, een toonbeeld van helderheid. Men krijgt het gevoel een goed inzicht in de problematiek te krijgen.

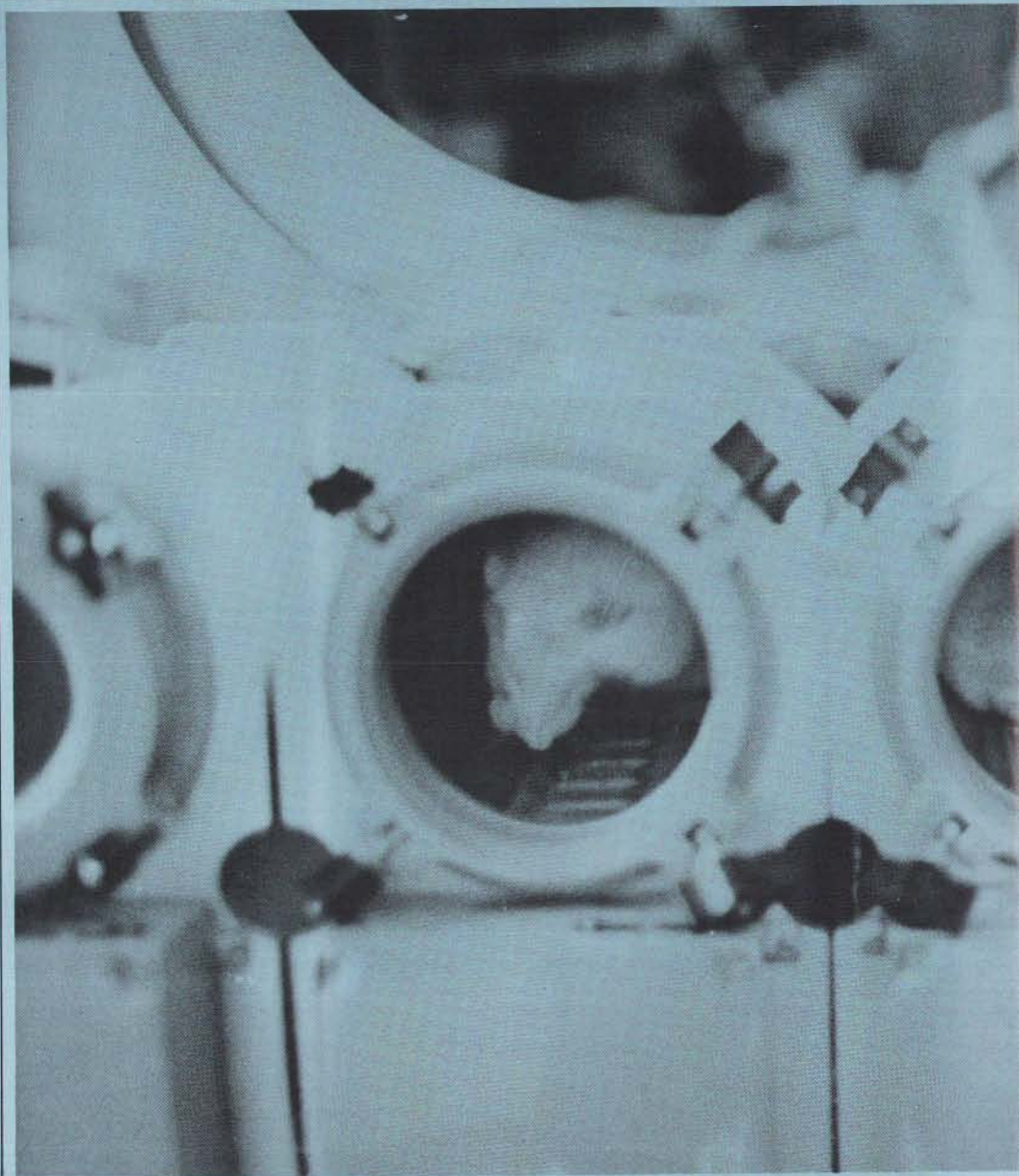
Op een heel ander niveau interessant is de benadering van de kwestie koemelk of moedermelk. Zowel aan het begin als aan het einde van het artikel stelt Bruno Ribadeau-Dumas, dat het onduidelijk is waarom moedermelk beter zou zijn dan — aangepaste — koemelk, hoewel hij er meteen bij zegt dat kinderen die moedermelk krijgen minder kans blijken te hebben op darminfecties dan kinderen die met de fles worden gevoed.

In de rest van zijn artikel evenwel draagt hij pagina's lang argumenten aan, die ieder voor zich wellicht nog niet helemaal een sluitend bewijs geven, maar die te zamen een zodanige massa aanwijzingen verstrekken, dat de conclusie vrijwel onontkoombaar lijkt.

Hij wijst erop dat de samenstelling van de moedermelk sterk varieert. Dat kan betekenen dat sommige moeders onvoldoende voedsel voor hun kind leveren (wat bekend was), maar er zijn ook aanwijzingen, dat de samenstelling van de moedermelk zich aanpast aan de behoeften van het kind. En doe dat maar eens met machinaal geproduceerde flessenvoeding.

Van groot belang zijn ook de immuunglobulines die het kind met de moedermelk naar binnen krijgt: al is het mechanisme van de werking in het kinderlijfje nog niet zo duidelijk, uit proeven in laboratoria volgt min of meer dat hier een verklaring ligt voor de bescherming van het kind tegen darminfecties, maar ook tegen andere ziektekiemen in de omgeving.

Wanneer desondanks de conclusie is dat niet duidelijk is waarom moedermelk beter zou zijn, lijkt dat voort te komen uit een omkering van het *Natura Artis Magistra* (de natuur is de meester van de kunst). De vraag lijkt dan waarom de moedermelk afwijkingen vertoont van flessenmelk. *Ars Naturae Magistra*.



Er zijn nog heel wat biomedische problemen rond langdurig verblijf in de ruimte. Naast observatie van onszelf, zijn ook dierproeven heel leerzaam. Hier drie van de vijf ratten in de Russische biokunstmaan Kosmos.

Chr. Titulaer
Houten

De ruimte is ons wezensvreemd. Er is geen lucht om te ademen, geen luchtdruk om te verhinderen dat we exploderen, het is er afgrijselijk koud of kokend heet, er is geen onder of boven en we missen er ons vertrouwde gewicht. Dat zijn de dingen die ons meteen opvallen.



LEVEN IN DE RUIMTE

Technisch mogelijk, maar....

Maar mens en dier worden ook door onzichtbare factoren bedreigd, factoren die zwaar gaan meetellen nu we langdurig in de ruimte willen gaan verblijven en werken. Ruimtebiologen en -medici zoeken momenteel uit wat we kunnen doen tegen problemen als ruimteziekte, ont-

kalking, spierafbraak en stralingen. En dan is er nog de psychologie. Want mensen onder zware belasting langdurig samen in een kleine ruimte stoppen, dat is vragen om brokken.

Aanpassing aan nul-g

Een van de grote problemen in de ruimtevaart is de adaptatie aan de gewichtloosheid. Op vele vluchten zijn Amerikanen en Russen ziek geworden. De essentie van de ruimteziekte is even weinig begrepen als die van de verwante zeeziekte of wagenziekte. Dank zij de langdurige vluchten is wel duidelijk geworden dat de mens na ongeveer 40 dagen is gewend aan de onnatuurlijke nul-g situatie. Na die 40 dagen heeft geen enkele ruimtevaarder meer last van ruimteziekte, maar andere bijwerkingen zijn dan nog niet verdwenen.

Bij ruimtevaarders treedt tijdens de vlucht een kalkverlies in de botten op. Dat kalkverlies wordt slechts ten dele gecompenseerd door calcium toe te voegen aan bijvoorbeeld fruitsap.

Gelukkig trekt dat na de landing weer bij. Artsen speculeren erop dat een verblijf van 1 à 2 jaar in de ruimte wel zou betekenen dat het kalkverlies tot stilstand wordt gebracht. Ze baseren zich hierbij op de ervaringen met bedruststudies: het op bed blijven liggen is enigszins vergelijkbaar met de gewichtloosheid, althans wat de reacties van het lichaam betreft.

Het Amerikaanse ruimtevaartbureau NASA heeft besloten om aan de bemanningen van de zevende en achtste Space Shuttle-vlucht (STS-7 en STS-8) een arts als extra bemanningslid toe te voegen. Voor STS-7 is dat dr. Norman E. Thagard en voor STS-8 dr. William E. Thornton. Hoofdtak van de twee artsen is het bestuderen van de aanpassing aan nul-g en met name het kijken naar de verschillende uitingen en oorzaken van ruimteziekte.



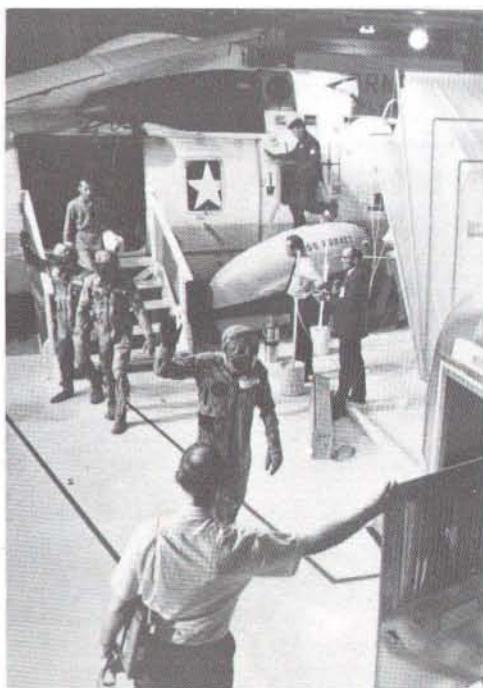
Biomedisch onderzoek

Zowel Russen als Amerikanen hebben vanaf de eerste bemande ruimtevlucht uitvoerig biomedisch onderzoek gedaan. In wezen zijn er, vóór de bemande vluchten, al dieren in de ruimte geschoten om als levend proefkonijn de bemande vluchten voor te bereiden. Het Russische onderzoek wordt uitgevoerd door het Instituut voor Biomedische Problemen in Moskou. Het is heel typerend dat de directeur van dit instituut de stoffelijke resten van de ruimtehond Bella in zijn kamer heeft opgesteld.

Het Amerikaanse onderzoek is meer versnipperd: een belangrijk deel is geconcentreerd in het Johnson Space Center, het centrum voor de bemande ruimtevaart van de NASA in Houston. Veel biomedisch onderzoek vindt

ook plaats op verscheidene afdelingen van de Amerikaanse luchtmacht. Het biomedische onderzoekprogramma is opgezet om de fysiologische en psychologische problemen, die zich voordoen bij bemande ruimtevluchten te onderzoeken. Er wordt niet alleen gekeken naar het soort problemen, maar ook naar de oorzaak en naar de manier om dat probleem bij de volgende vluchten te voorkomen.

De Amerikanen hebben na 20 jaar onderzoek geconcludeerd dat twee zaken de bemande ruimtevluchten in biomedisch opzicht uniek maken. De ene is de gewichtloosheid, de andere een specifieke vorm van straling, de kosmische straling. De nadruk ligt tegenwoordig op de ruimteziekte, die bij de lijndienst die de Space Shuttle in de komende jaren gaat onderhouden, van dominerende betekenis is.



Links: Al in 1970 startte de NASA in deze grote centrifuge (de grootste ter wereld) met gravitatie-onderzoek voor de toekomstige ruimtestations. Men wil daar immers de centrifugale kracht als vervangende zwaartekracht gebruiken door het station te laten roteren.

Boven: De eerste maanreizigers gaan in speciale isolatiepakken de quarantaine-container in, ter voorkoming van een mogelijke epidemie van maanmicroben. Dit aspect van het biomedisch onderzoek is intussen afgesloten.

Ruimteziekte

Symptomen van misselijkheid en desoriëntatie, als gevolg van ruimteziekte, beginnen zich meestal te manifesteren als ruimtereizigers in een toestand van gewichtloosheid bewegingen gaan maken. De symptomen duren drie tot zeven dagen. De meest gangbare verklaring voor dit fenomeen is dat het centrale zenuwstelsel onbekende of onverwachte combinaties van signalen ontvangt. Een aantal organen in ons lichaam voelt de richting waarin de zwaartekracht werkt. In een rijdende auto, een boot of een vliegtuig kunnen bewegingskrachten de juiste werking van die organen al verstoren. Bij zeeziekte, wagenziekte en luchtziekte zijn het die extra krachten die de zwaartekracht als het ware laten afwijken. Bij de ruimteziekte is het juist de afwezigheid van de zwaartekracht die het probleem veroorzaakt. Het is duidelijk geworden dat bij een langdurig verblijf in de ruimte de ruimteziekte echter geen rol van betekenis meer speelt.

Bloedsomloop

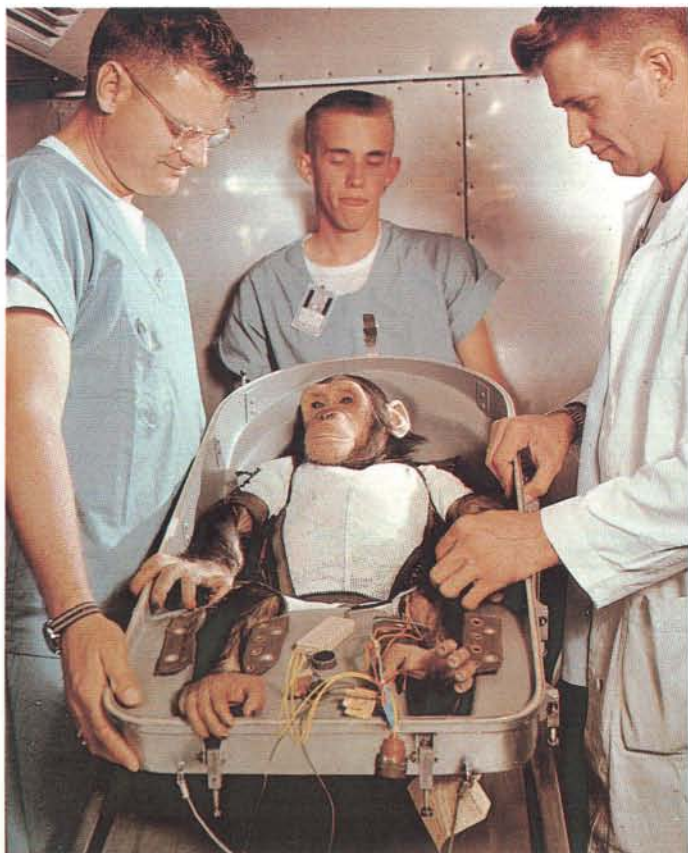
De zwaartekracht op aarde speelt ook een rol bij de verdeling van het bloed in het lichaam. Als deze zwaartekracht wegvalt heeft het bloed meer de neiging om naar boven in



Links: Beweging is essentieel om in de ruimte in conditie te blijven. Hier zien we een astronaut oefenen in een simulator voor Skylab op een 'home-trainer'.

Linksonder: De eerste Shuttle-bemanning, Young en Crippen, bij het aankleden. De pakken moeten nu veel langer gedragen kunnen worden dan bij de vroegere missies.

Rechts: De eerste Amerikaan in de ruimte was een aap. Hier zien we de chimpansee Ham, in de 'wieg' waarmee hij in 1961, tijdens het Mercury-project, gelanceerd werd en ook weer veilig beneden kwam.



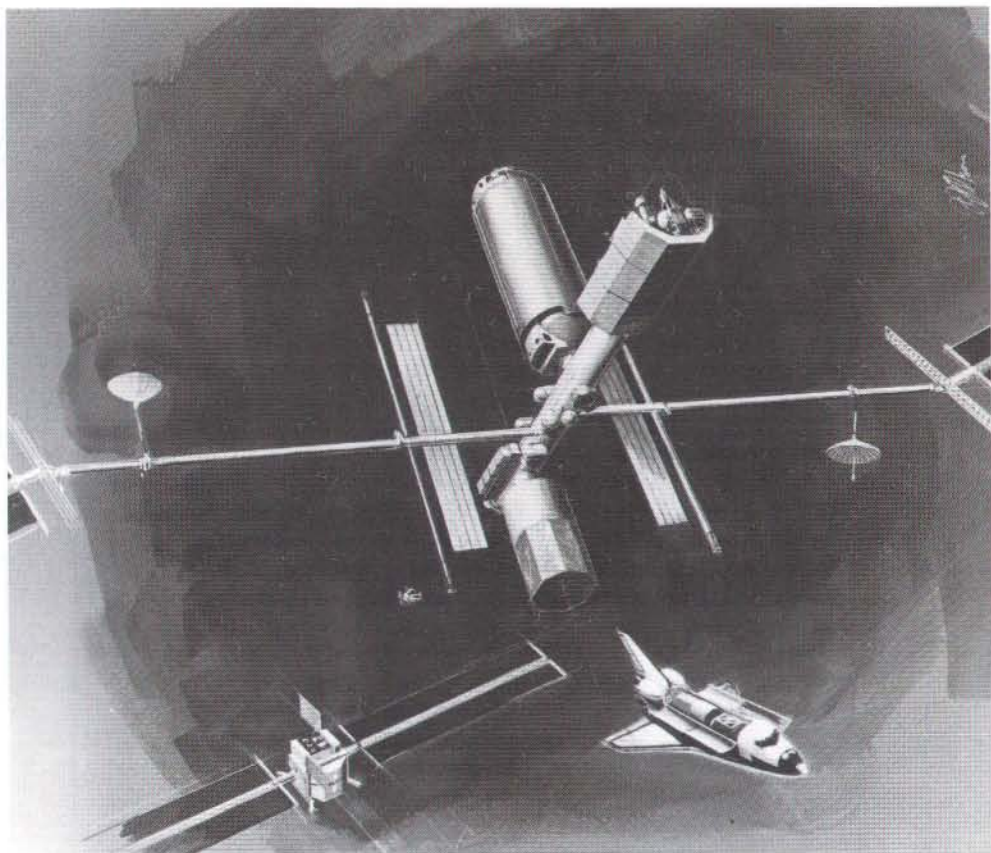
het lichaam te gaan, waardoor de bloedvaten in het hoofd en in de hals gaan opzwellen. In eerste instantie betekent dit ook vaak dat het hart meer bloed moet verwerken. Grappig genoeg heeft het hart wat moeite met op zijn plaats te blijven zitten. Aangezien de zwaartekracht is weggefallen heeft het hart de neiging om naar boven te 'drijven'.

De Franse kosmonaut Jean-Loup Chrétien, die een vlucht in een Russische Sojoez-capsule maakte, had door dit effect moeite om een sensor op zijn hart te plaatsen: hij zocht zijn eigen hart systematisch te laag. Als gevolg van het verlies aan bloedvolume (dat op iedere vlucht wordt geconstateerd) neemt de grootte van het hart tijdelijk af. Terug op aarde werkt het proces in omgekeerde richting: het bloed zakt weer in de benen en het hart gaat sneller kloppen om de grotere bloedstroom opnieuw te kunnen verwerken.

Kalkverlies

Enkele artsen die zich bezighouden met biomedisch onderzoek maken zich ernstig zorgen over de problemen van het kalkverlies. De teruggang in de hoeveelheid calcium in de beenderen is het grootst in de botten die gewicht te dragen hebben. Er zijn percentages gemeten van 7,9 procent verlies aan totale mineraalinhoud. Niet alleen de hoeveelheid calcium, maar ook stikstof, fosfaat en natrium lopen terug. Na 6 maanden gewichtloosheid is de hoeveelheid calcium in het menselijk lichaam teruggelopen met 3 procent.

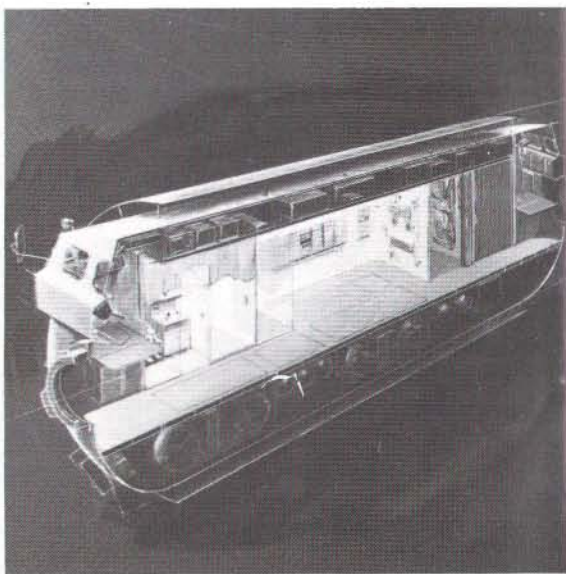
Het is niet bekend of dit verlies bij heel langdurige vluchten zal stoppen of dat het steeds verder gaat. Tot nu toe heeft de situatie zich na een vlucht steeds kunnen herstellen maar het is ook mogelijk dat er een punt komt waarbij de oude situatie niet meer helemaal terugkeert.

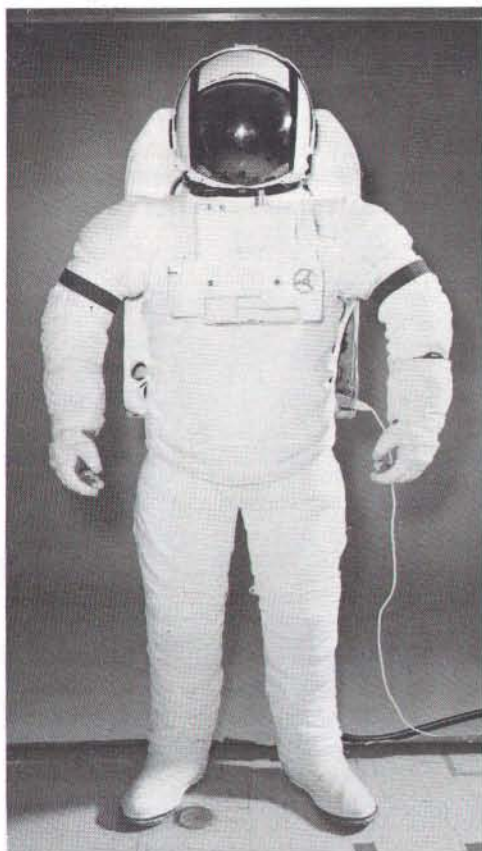


Een ernstig kalkverlies kan de vorming van nierstenen bevorderen en de beenderen worden breekbaarder als het kalkgehalte lager is.

Spieren

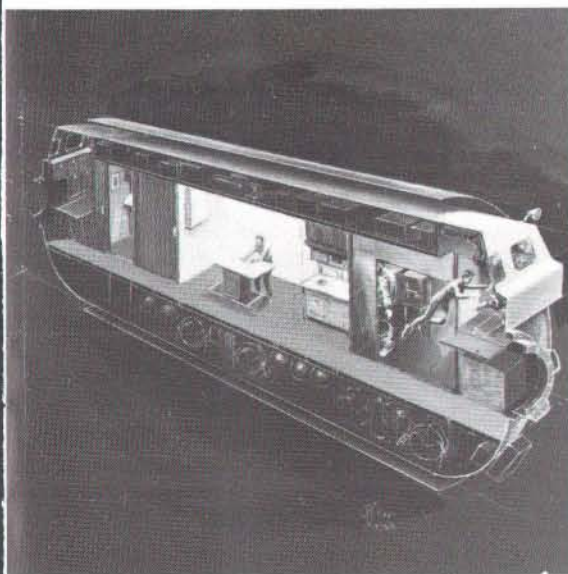
In de ruimte worden spieren snel kleiner omdat het afbraakproces van het spierweefsel sneller verloopt dan op aarde en het opbouwproces van nieuw spierweefsel trager. Dit probleem kan voor een belangrijk deel worden opgelost met behulp van oefeningen tijdens de vlucht. In het Amerikaanse Skylab, en in de Russische Saljoets, zijn dan ook instrumenten aanwezig om de ruimtevaarders in staat te stellen hun spieren te gebruiken. Als er geen of weinig beweging wordt genoten kan de teruggang in het spiervolume tot 25 procent bedragen. Als er wel een mogelijkheid is om te oefenen blijft het verlies beperkt tot 8 procent.





Geheel links en linksonder: Een eenvoudig ruimtestation zou met een drietal Shuttle-vluchten te bouwen zijn. Het zou bestaan uit: twee reuze-zonnepanelen (nog net te zien links en rechts op de tekening), een dienstmodule (bovenaan, verticaal) een voorraadmodule (onderaan) en leefruimte (midden). Het station zou kunnen dienen voor het onderhoud en het 'oogsten' van satellieten die materialen produceren onder gewichtloze omstandigheden. Een dergelijke satelliet zweeft onderaan de tekening. In de doorsneden leefmodule voor vier man zien we v.l.n.r.: linkerhelft: commandoruimte, badkamer, kleedkamer, woonkamer, twee slaapkamertjes (men slaapt verticaal tegen de wand) en het observatiedek; rechterhelft: rest van het observatiedek, weer twee slaaphutten, woonkamer met kookhoek, kamer met ruimtepakken, commandoruimte. Boven- en onderaan is nog voorraad- en opslagruimte.

Links: Voor de Space Shuttle en de latere ruimtestations is een nieuw pak ontwikkeld, de EMU (Extravehicular Mobility Unit), waarvan we hier een testmodel zien. Het pak moet berekend zijn op een lang verblijf in de ruimte waar bovendien gewerkt moet worden. Dat betekent soepeler gewrichten, eenvoudiger onderhoud, betere temperatuurbestendigheid, snellere aantrekkijd (vroeger 1 uur, nu tien minuten), lunchpakket aan boord, enz.



Stralingsgevaar

Ander biomedisch onderzoek richt zich op veranderingen in het bloed, de vloeistofbalans van het lichaam en het stralingsgevaar. Bij stralingsgevaar baren met name de hoog-energetische deeltjes uit de kosmische straling zorgen. In de populaire literatuur wordt er wel eens aan dit probleem gerefereerd. Bekend zijn de meldingen over de 'lichtflitsen' die de bemanning van Apollo 11 heeft waargenomen. De astronauten zagen die lichtflitsen een of twee keer per minuut in perioden dat het donker was in de capsule. Waarschijnlijk werd het centrale zenuwstelsel getroffen door deeltjes uit de kosmische straling. Bij de Apollo's 16 en 17 is nagegaan of dit effect gevaarlijk is voor het weefsel en voor de chromosomen. Vooral op langdurige vluchten zou kosmische straling echt gevaarlijk kunnen worden.

Noodsituatie

Bemande ruimtevluchten hebben zich tot nu toe afgespeeld in een baan om de aarde en op de maan. In echte noodgevallen, zoals bij de Apollo 13, zouden de ruimtereizigers althans binnen enkele dagen terug kunnen zijn op aarde. Helaas kunnen een paar dagen te lang duren als zich een acuut probleem voordoet. De tactiek is dan ook om in de eerste plaats zo weinig mogelijk risico te nemen. Dat is de reden dat alleen kerngezonde mensen op dit moment een ruimtevlucht mogen maken. Als zich echter een noodgeval voordoet, bijvoorbeeld hevige kiespijn, zullen de andere bemanningsleden adequaat moeten kunnen reageren. Astronauten en kosmonauten krijgen daarom een uitgebreide EHBO-opleiding; ze hebben veel medicijnen en zelfs allerlei medisch gereedschap bij zich.

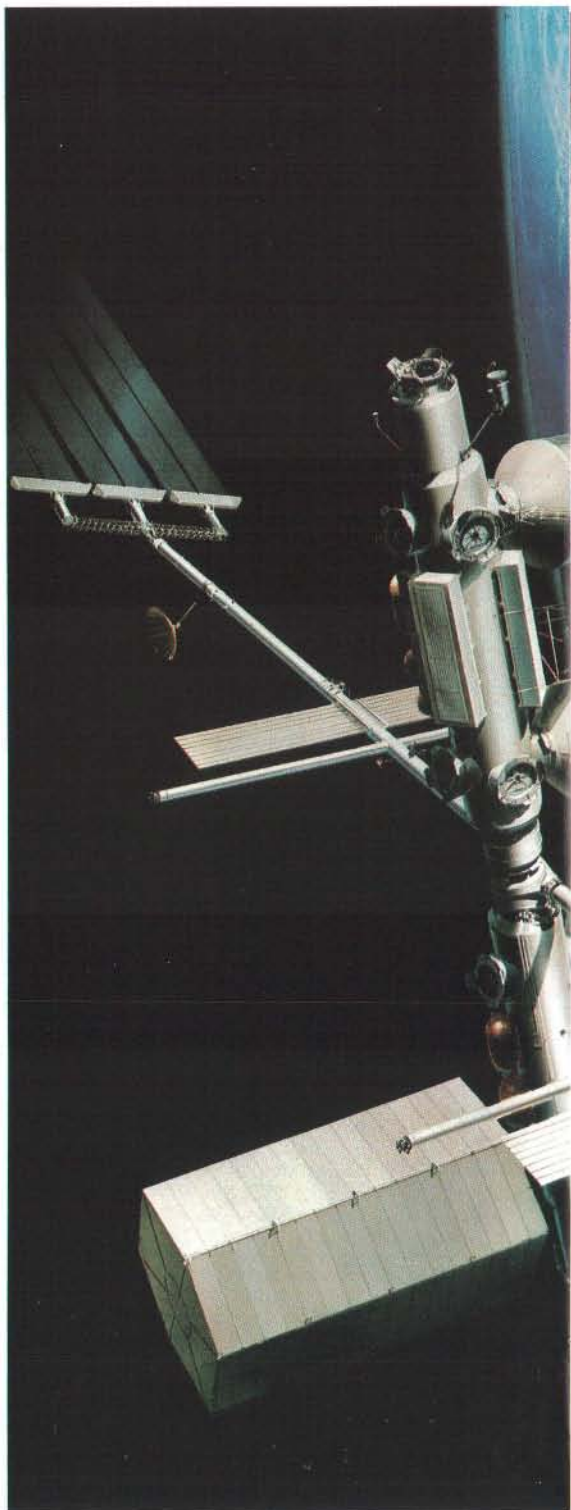
Als er een kies getrokken moet worden kan dat, hoewel er in eerste instantie een spuitje tegen de pijn gegeven zal worden. Om problemen met ziektes te voorkomen worden de Amerikanen gedurende een week voor de lancering afgezonderd op Cape Canaveral, zodat de kans op een infectie net voor de vlucht zo klein mogelijk is. De Russen zijn in dit opzicht veel minder precies, ze omhelzen hun kameralen op het lanceerplatform.

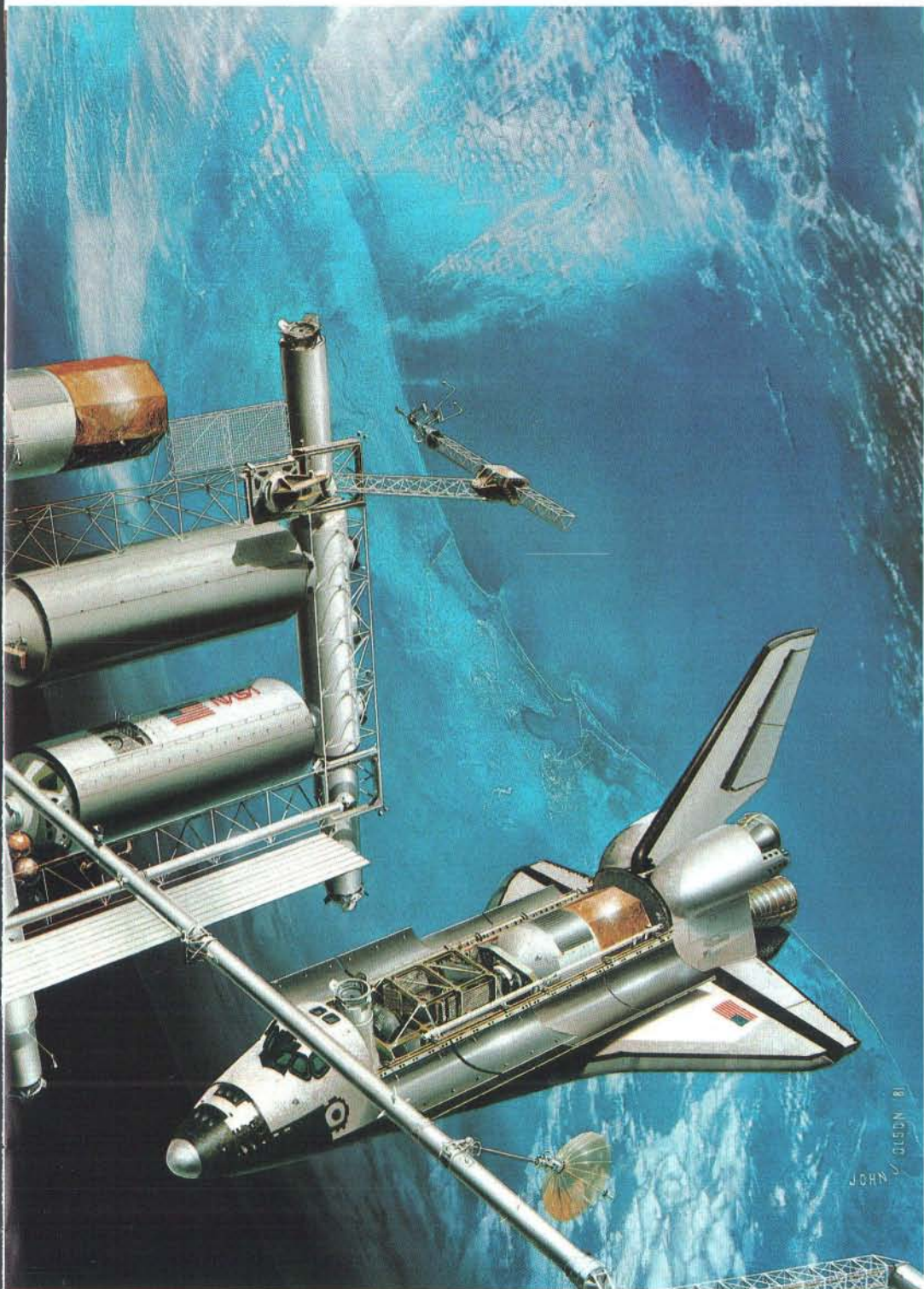
In de komende jaren zal de ruimte vrijwel permanent worden bewoond. De Russen zijn met hun Saljoets ruimtestations gaan bouwen die geschikt zijn om steeds drie tot zes personen te herbergen. De noodzaak om medische problemen op te lossen wordt groter naarmate de vluchten langer gaan duren.

Stress-situaties

Tot nu toe spraken we over puur medische problemen, de psychologische problemen kunnen echter veel groter zijn. Er zijn diverse gevallen van burgerlijke ongehoorzaamheid in de ruimtevaart bekend. Astronauten en kosmonauten, die bezig zijn met een langdurige vlucht staan psychisch onder zware druk. Het

Rechts: Een verder stadium van het NASA-ruimtestation, nu met twee woonmodules, een 'garage' voor ruimtetuigen (links), een dok voor afmeren of bouwen van ruimtetuigen (de ronde buis rechts) met aan de bovenkant een kraan. De ploegen zouden drie maand aan boord blijven.

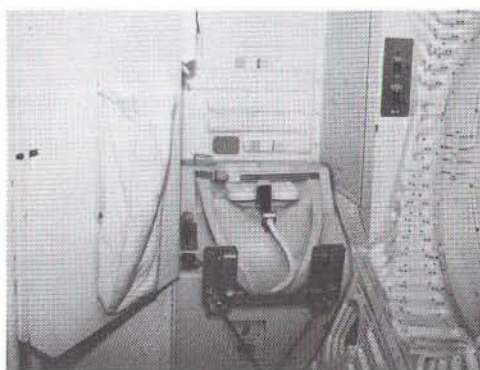




valt niet mee om gedurende vele weken in een zeer kleine ruimte het gezelschap van slechts een of twee personen te delen. Uit laboratoriumonderzoek, bij veldstudies en uit de documentaties van werkelijke situaties is gebleken dat een uitzonderlijke omgeving een negatieve invloed heeft op de menselijke prestaties.

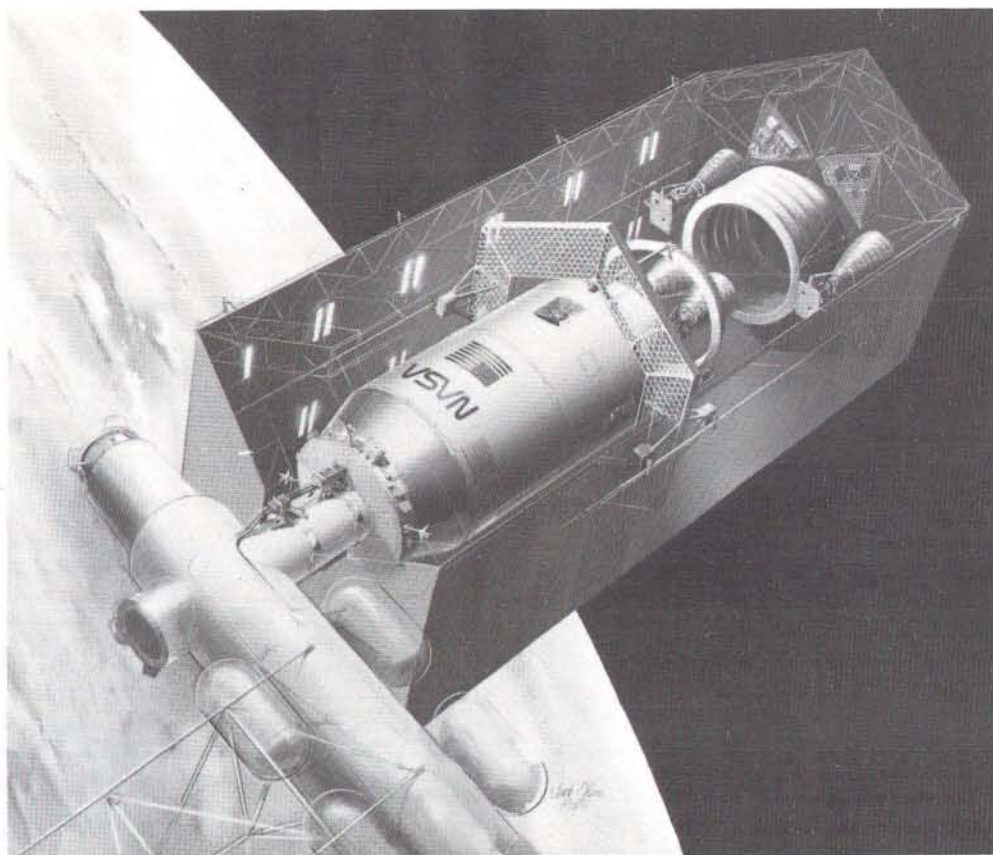
De afwezigheid van zwaartekracht is een van de factoren die de ruimte tot een uitzonderlijke omgeving maken. Van veel belang zijn echter ook de factoren als isolement, verstoring van het bioritme, dreigend gevaar en allerlei vormen van ongemak. Er is in de capsule zeker een gebrek aan privacy. Om die reden hadden de Amerikanen dan ook kleinere afgeschotte 'slaapkamertjes' gemaakt voor elk van de bemanningsleden op de Skylab-vluchten. In de Space Shuttle zijn er ook weer slaapkamers, maar die moeten om beurten worden gebruikt.

Een toilet is in de eerste jaren van de bemande ruimtevaart niet aan boord geweest; pas in Skylab en ook in de Space Shuttle is er wel een 'echte' WC. De Russen hebben in de Saljoet voor het eerst een WC geïntroduceerd. Zij hebben in hun Saljoet ook een douche. Een douche hadden de Amerikanen wel in Skylab, maar in de Shuttle ontbreekt die. Het argument is dat de Shuttle-vluchten nu een week en later hooguit 4 weken zullen duren; dat kan net zonder douche.



Foto's boven: Leven in de ruimte is geen lolletje. De bemanning van Saljoet-6 vond de bezoekers van Sojoez-26 en 27 dan ook een welkome afleiding. Pas sinds kort krijgen de astronauten en kosmonauten wat broodnodige luxe zoals aparte slaaphokjes ('verticaal', dat neemt minder plaats in) en een echt toilet in plaats van luiers.

Rechtsboven: De 'garage' van pag. 480, met de ruimte-sleepboot FOTV (Future Orbital Transfer Vehicle). De sleepboot brengt door de Space Shuttle aangevoerde satellieten naar een geostationaire baan. Daar de Shuttle meerdere satellieten tegelijk kan vervoeren kan de sleepboot een onafhankelijk vluchtschema aanhouden.



Privacy

De privacy die ieder mens na enige tijd zoekt is in de enge ruimte moeilijk te realiseren. Het is in principe wel mogelijk om een astronaut een privé telefoongesprek met zijn gezin te laten voeren, maar in de praktijk kunnen zijn medereizigers meeluisteren (en als Mission Control dat wil de hele wereld). Het is de Amerikaanse astronauten mateloos gaan irriteren dat de media steeds bekend maakten dat (bijvoorbeeld) een astronaut had overgegeven of dat de hele wereld hun hartslag kon volgen als ze voor een moeilijk moment als een maanlanding stonden. NASA heeft begin 1983 nieuwe richtlijnen uitgegeven. De commandant beslist nu of er mededelingen over de gezondheid van de ruimtevaarders worden gedaan of niet. Hij is alleen verplicht Houston te informeren als het verloop van de vlucht gevaar loopt.

De astronauten kunnen nu weer hun kleine problemen binnen de hermetisch gesloten wanden van de Shuttle houden. Die kleine problemen veroorzaken overigens vaak de grote irritatie. Als een astronaut moet overgeven of als een urineleiding gaat lekken wordt de stank in de afgesloten ruimte ondraaglijk. Het openzetten van een raampje is er natuurlijk niet bij. Tijdens het Skylab-project zijn de spanningen zo hoog opgelopen dat de astronauten met hun vuisten op de wanden gingen beuken om af te reageren.

Ruimtestation

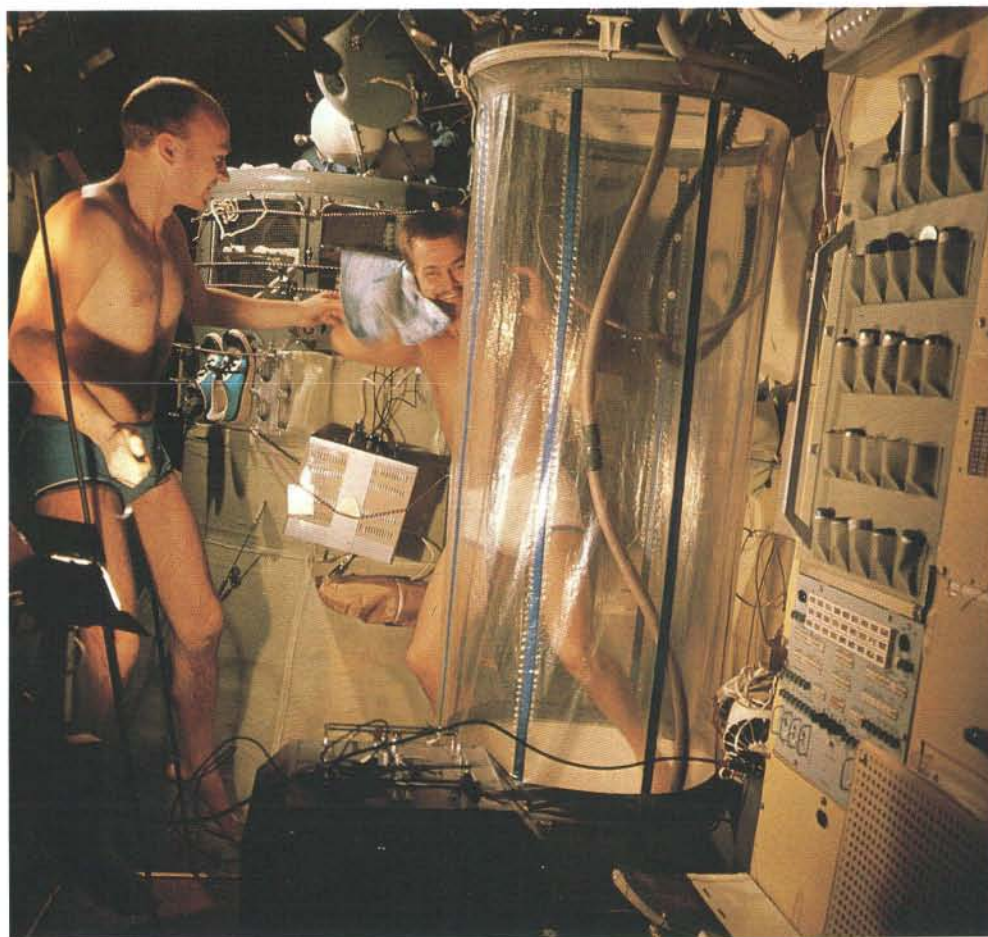
Rond het jaar 2000 zullen er zeker ruimtestations voor twaalf en meer personen worden gebouwd. De risico's voor het optreden van stress-situaties worden groter naarmate het aantal personen in de capsule groter is.

Skylab-commandant Gerald Carr voorspelde dat de sociologische problemen van het wonen in de ruimte moeilijker oplosbaar zijn dan de technologische. De ervaringen met wetenschappelijke expedities en bemanningen van duikboten wijzen uit dat groepen van meer dan drie personen, die langer dan twee weken bij elkaar blijven in een beperkte ruimte (slaande) ruzie krijgen.

Als er permanent bemande ruimtestations worden gerealiseerd zullen dat leefgemeenschappen op zichzelf worden. Het is noodzakelijk dat er zoveel mogelijk teruggewonnen wordt om te voorkomen dat er voortdurend kostbare transporten vanaf de aarde naar het ruimtestation nodig zijn. Zowel de Russen als de Amerikanen ontwikkelden al systemen om

uit urine weer drinkwater te winnen. Op korte termijn is het drinkwater overigens geen probleem, omdat water een van de bijproducten van de brandstofcellen is.

Het is wat moeilijker met het voedsel: daar is dit niet goed mogelijk. Dit probleem kan worden opgelost door in de ruimte voedsel te gaan verbouwen. Op zich is dat al geen toekomstdroom meer. De Russen verbouwen in hun Saljoet 7 al een groentetuintje dat OAZIS heet. Uit dit tuintje halen ze dan kleine uien, tuinkruiden en zelfs komkommers. Een voordeel van deze opzet is dat de kosmonauten vers voedsel krijgen en dus niet meer alle voedsel vanaf de aarde gebracht hoeft te worden. In dat opzicht zijn de Russen de Amerikanen altijd voor geweest.





Links: Een douche aan boord is niet alleen bevorderlijk voor de lichaamshygiëne, maar ook voor de sfeer.

Boven en geheel boven: Hoewel pogingen gedaan worden om het eten voor de ruimtereizigers zo gevarieerd mogelijk te maken, blijft het er toch uitzien als voorverpakt standaardvoer. Vooral bij de Amerikanen is dat het geval, te meer daar hun eetcultuur toch al die richting uitgaat. Militairen, zeelui en leden van Himalaya-expedities weten maar al te goed hoe belangrijk een goede keuken is voor het moreel.

Rechtsboven: Het voedselprobleem is gedeeltelijk op te lossen door het kweken van groente aan boord. Hier zien we een van de zes groeibakjes van de Shuttle.

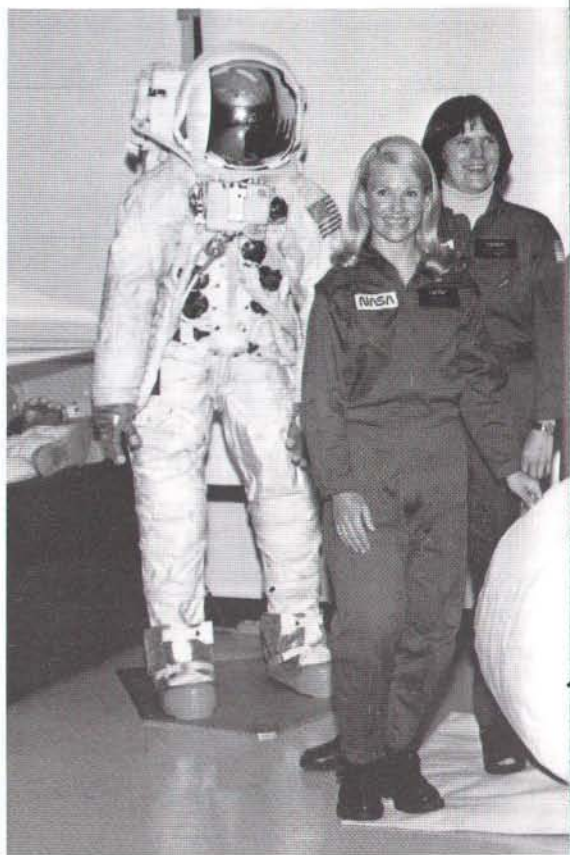
De Russen krijgen bij wijze van spreken brood dat dezelfde dag uit de oven is gekomen. Ze nemen vers brood mee als ze de aarde verlaten en ze krijgen met de onbemande Progress-ruimtevaartuigen ook periodiek vers brood aangevoerd. De Amerikanen daarentegen hebben alleen maar diepvriesbrood. Joe Allen, astronaut op de vijfde Shuttle-vlucht, vertelde me dat hij dolgelukkig zou zijn geweest met het kauwgumbrood dat de Amerikanen normaal eten.



Ruimtebaby

In het najaar van 1982 hebben de Russen voor de tweede keer een vrouw een ruimtevlucht laten maken. Svetlana Savitskaja vloog met de mannelijke collega's Leonid Popov en Alexander Serebrov in de Sojoez T-7 capsule. Het driemanschap bezocht de kosmonauten Berezovoi en Lebedev tijdens hun recordvlucht. Op een congres over ruimtevaart-geneeskunde vertelde dr. Guido Mutke uit München dat hij van zijn Russische collega, belast met de medische begeleiding van de Sojoez T-7 had vernomen, dat er tijdens die vlucht is geprobeerd Svetlana te bevruchten. In principe komen hiervoor vier manten in aanmerking. Het experiment, als het inderdaad is uitgevoerd, is echter mislukt: Svetlana was na haar vlucht niet in verwachting.

In de verdere toekomst zal er zeker een moment komen waarop er gezinnen wonen in ruimtestations en waarop er babies in de ruimte worden verwekt en geboren. Het is overigens niet vanzelfsprekend dat dit allemaal soepel zal verlopen, want Russisch onderzoek heeft uitgewezen dat het aantal spermacellen van kosmonauten drastisch terugloopt tijdens een vlucht. De Amerikanen zouden ditzelfde onderzoek graag doen, maar de astronauten weigeren eraan mee te werken.



Pluspunten

Een zeer langdurig verblijf in de ruimte hoeft niet alleen nadelen te hebben. Het is op zich mogelijk dat een bejaarde, die moeilijk ter been is, in een ruimtestation geniet van de gewichtloosheid. Het Amerikaanse blad *Omni* wees erop dat borsten in gewichtloosheid de vervelende neiging te gaan hangen verliezen. Sally Ride ging, tot consternatie van de puriteinse Amerikanen, zonder BH de ruimte in. In wezen is de techniek al lang zover dat we de ruimte kunnen koloniseren. De recessie dwingt ook de ruimtevaartwereld om te investeren in

projecten die op korte termijn economisch rendabel zijn. Ruimtestations kunnen dat op de lange duur wel worden, maar niet meteen.

We moeten overigens niet verwachten dat we in de ruimte een oplossing vinden voor de overbevolking van de aarde. Het is nog steeds veel goedkoper om leefbare steden in de Sahara te bouwen dan om een stad in de ruimte te creëren. De stad in de ruimte zal er desondanks komen, omdat er wel een nuttig gebruik van gemaakt kan worden, omdat de mens van nature avonturier is en omdat we voor onszelf de mogelijkheid van een luxe vakantie in een baan om de aarde willen realiseren.

Links: De figuur die naar ons omhoog kijkt is Svetlana Savitskaja, die voorbestemd was de eerste ruimtemoeder te worden. Het experiment mislukte.

Onder: De Amerikanen hebben een hele ploeg vrouwelijke astronauten in opleiding. De bol waarmee ze poseren

is een overlevingscapsule waarmee iemand zonder ruimtetek nog een tijdje in de ruimte kan overleven (de Shuttle heeft geen pakken voor alle passagiers). Een van die vrouwen, Sally Ride, is al in de ruimte geweest. Hieronder zien we haar bij een oefening in gewichtloosheid.



Bronvermelding illustraties

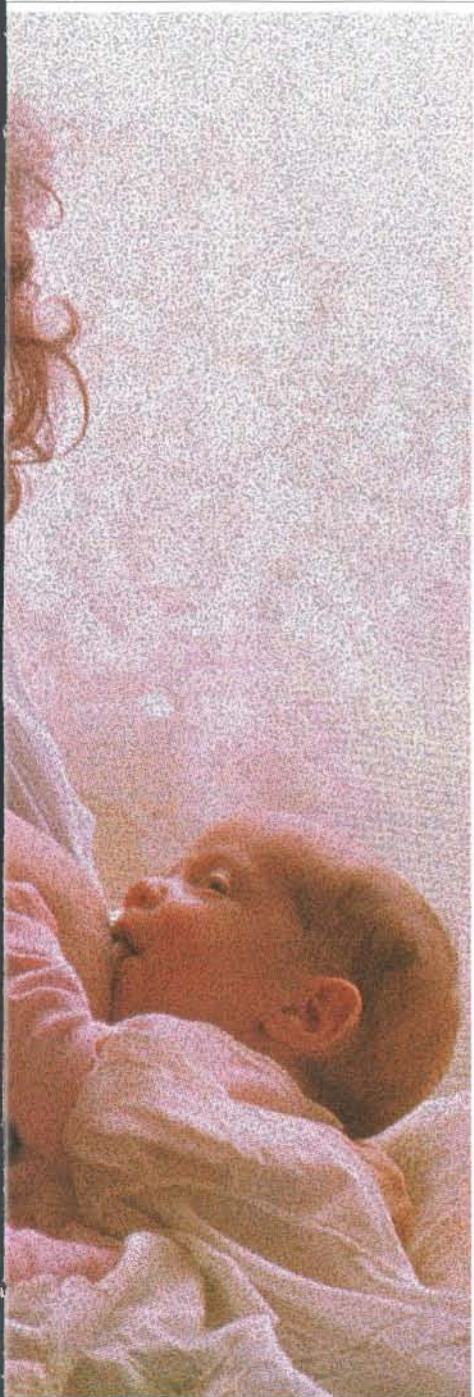
Novosti Press, Moskou: pag. 472-473, 482 linksonder.
NASA, Washington: pag. 474-475, 475, 476, 477, 479, 482
boven en rechtsonder, 485, 486-487, 487.
Boeing Aerospace Co., Seattle: pag. 478, 478-479, 480-481,
483.

Fotokhronika Tass, Moskou: pag. 484, 486.

Het merendeel van de illustraties werd verkregen door bemiddeling van de auteur.



EURO
ARTIKEL



In de medische wereld is men het er wel over eens dat moedermelk beter is voor het kind, hoewel het nog niet geheel duidelijk is waarom eigenlijk, ondanks het vele onderzoek. De samenstelling van melk varieert van diersoort tot diersoort, zodat dierlijke melk altijd 'gehumaniseerd' zal moeten worden om als babyvoedsel te dienen. Moedermelk varieert echter ook van mens tot mens en naargelang de behoeften van de baby. En die variatie is moeilijker na te maken. In dit artikel wordt nagegaan hoe moedermelk gevormd wordt en hoe de samenstelling ervan op de baby afgestemd is.

MOEDER MELK

Bruno Ribadeau-Dumas

*Institut National de la Recherche Agronomique
Jouy-en-Josas, Frankrijk*

Moedermelk

Bij alle zoogdieren is moedermelk elke generatie opnieuw een onmisbare verbindingsschakel tussen moeder en kind. Dat geldt evenzeer voor de mens. Sinds er mensen op aarde zijn, circa 3 miljoen jaar, heeft er door een onverbidde natuurlijke selectie een voortdurend aanpassingsproces plaatsgevonden tussen de moeder en haar melk enerzijds en het pasgeboren kind anderzijds. Gedurende vrijwel deze gehele periode bestond er namelijk geen vervangingsmiddel voor moedermelk: melkgevende dieren worden slechts sinds zo'n 10 000 jaar als huisdier gehouden en pas sinds begin deze eeuw is het gebruik van koemelk voor de voeding van zuigelingen van enige betekenis geworden.

Door de toegenomen kennis over de samenstelling van moedermelk en koemelk en over de behoeften van pasgeborenen, kon de zogenaamde 'zuigelingenvoeding' ontwikkeld worden, dat is koemelk waarvan de samenstelling is gewijzigd ten einde die van moedermelk dichter te benaderen. Kinderartsen zijn echter van mening dat moedermelk zonder enige twijfel de voorkeur verdient o.a. ter voorkoming van maag- en darmstoornissen bij zuigelingen. Onder andere daarom wordt borstvoeding sinds kort weer sterk gepropageerd.

Stap voor stap

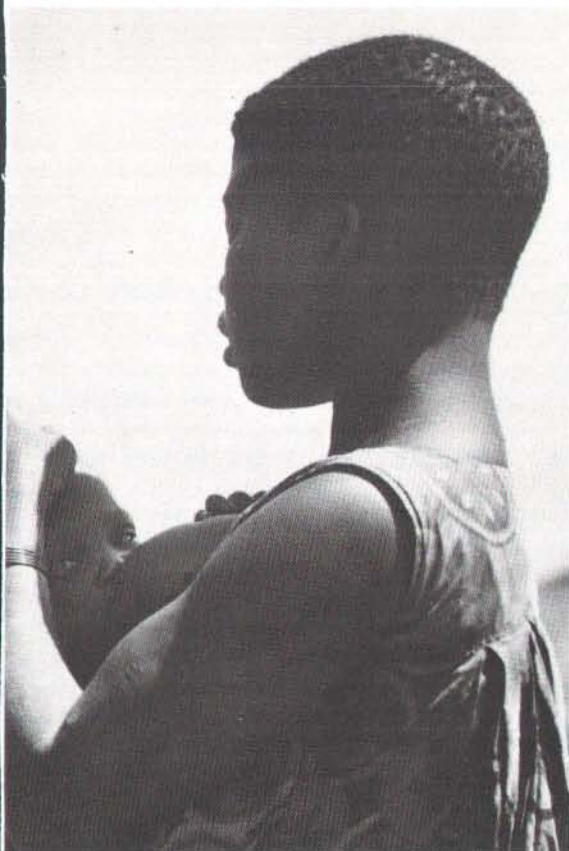
De eerste sporen van de borstklier ontstaan reeds in het foetale stadium. Geleidelijk aan ontwikkelt zich een stelsel van kanaaltjes, de *melkgangen* (zie de illustraties onderaan pag. 492-493). Het aldus gevormde gangenstelsel, waardoor de melk later via vijftien tot twintig openingen per tepel uitgescheiden kan worden, ondergaat tot de puberteit weinig veranderingen. In de puberteit treedt onder invloed van de geslachtshormonen een belangrijke ontwikkeling in de borsten op, niet zozeer in het klierweefsel dan wel voornamelijk in het vetweefsel.

De borstklieren worden echter pas tegen het einde van de zwangerschap werkelijk productief (zie fig. 1). Vanaf de derde week na de bevruchting neemt het aantal kanaaltjes toe. Het blinde uiteinde van elk kanaaltje verwijdt zich bovendien tot een hol blaasje, de *acinus*, aan de binnenzijde bekleed met een laag cellen die



zich uiteindelijk ontwikkelen tot kliercellen (zie fig. 2). De acini vormen het feitelijke kliergedeelte van de borst, waardoor alle bestanddelen van de melk in de melkgangen worden afgescheiden. Al vanaf halverwege de zwangerschap beginnen de kliercellen de verschillende bestanddelen van de melk te produceren en af te scheiden in het centrale gedeelte (de holte) van de acini.

Vanaf de honderdste dag voor de bevalling kunnen geringe hoeveelheden melk worden uitgescheiden. Deze melk, *colostrum* genaamd, verschilt qua samenstelling nogal van de 'rijpe' melk. De afscheiding van colostrum duurt nog tot enige dagen na de bevalling. Het 'vollopen' van de borsten, waarbij de acini en de melkgangen snel gevuld worden met de afscheidingsprodukten uit de kliercellen, treedt bij de vrouw pas na twee tot vijf dagen na de bevalling op (zie fig. 1).



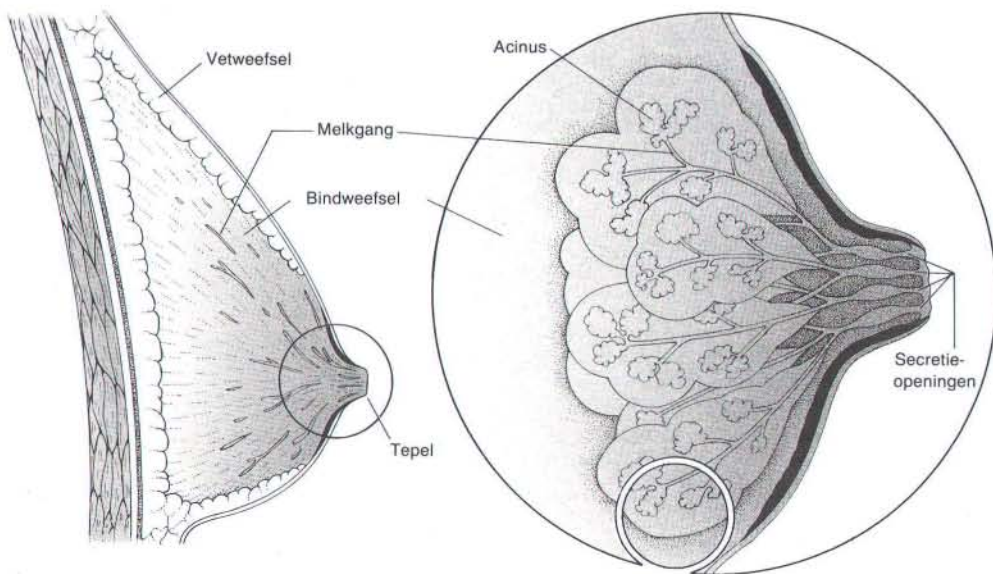
De melkafscheiding

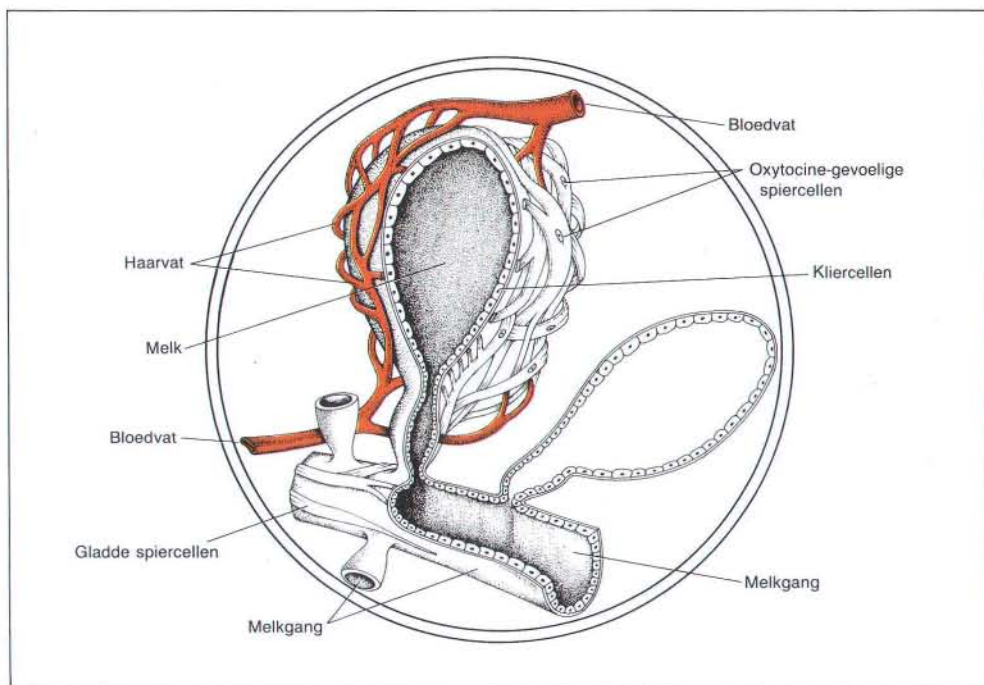
De melkafscheiding is het resultaat van twee verschillende verschijnselen: enerzijds de biosynthese en de secretie van de bestanddelen van de melk door de kliercellen en anderzijds de uitscheiding van de melk zelf. De biosynthese en de secretie worden geregeld door hormonen die voornamelijk afkomstig zijn van de hypofyse (namelijk prolactine), de placenta en de eierstokken. Prolactine zet de kliercellen rechtstreeks aan tot biosynthese en secretie van de melkbestanddelen terwijl het uit de placenta afkomstige progesteron dit proces remt.

Het prolactinegehalte van het bloed neemt tegen het eind van de zwangerschap voortdurend toe en bereikt vlak voor de bevalling zijn maximale waarde. Nadien daalt het, maar aangezien tegelijkertijd het progesterongehalte

Links: Hoewel iedereen het erover eens is dat borstvoeding 'eigenlijk' beter is, geraakte het in onze vertech-niseerde landen bijna in onbruik (nog 10 procent in 1970). Nu onze consumptiemaatschappij steeds meer in vraag gesteld wordt, stijgt het aantal weer. In de ontwikkelings-landen is borstvoeding wel altijd nummer één gebleven.

Onder: Fig. 1. De borst bevat klierweefsel, aangevuld met vetweefsel. De grootte van de borsten heeft dus niets te maken met hun melkproductie. Het klierweefsel bevat kanaaltjes, de melkgangen, die uitlopen in blaasjes of acini die bekleed zijn met melkproducerende cellen.





daalt en tevens nog andere hormonen werkzaam zijn (gluco-corticoiden, oestradiol), is de activiteit van het prolactine toch maximaal. Vervolgens neemt het prolactinegehalte bij elke voeding gedurende kortere tijd toe, zodat de melkafscheiding op gang wordt gehouden.

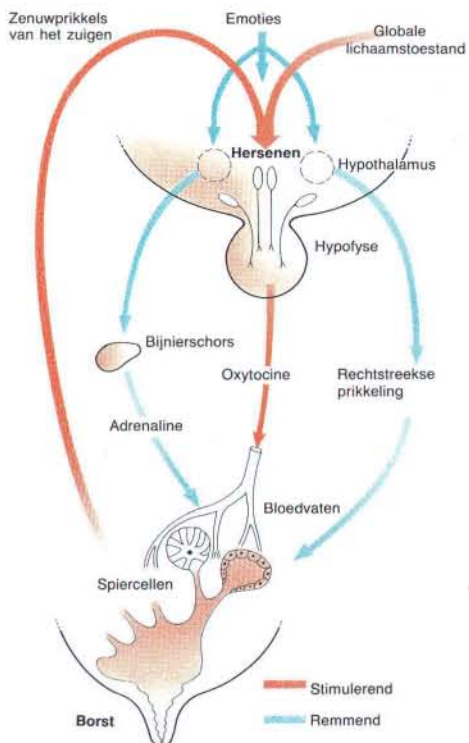
Het uitscheidingsproces zelf wordt veroorzaakt door contractie van rondom de acini gelegen spiercellen (zie fig. 3). Dit wordt rechtstreeks teweeggebracht door het hypofysehormoon oxytocine. De afscheiding van dit hormoon wordt op gang gebracht door zenuwprikkels, vooral door het zuigen.

De biosynthese en de uitscheiding van de melk worden grotendeels geregeld door het zenuwstelsel. Een aantal psychologische factoren is mede bepalend voor het welslagen van borstvoeding. Vertrouwen, rust, ervaring van de moeder en de contacten tussen moeder en kind blijken hierbij een essentiële rol te spelen. Daarentegen kunnen een slechte fysieke of psychische conditie van de moeder, een voortijdige bevalling, gebruikte verdovende of pijnstillende middelen of sommige anti-conceptiemiddelen de oorzaak zijn van een geringe melkproductie.

Boven: Fig. 2. De acinus is omgeven door oxytocinegevoelige spiervezels en haarvaten.

Onder: De ontwikkeling van de borst (© Ciba-Geigy Corporation, all rights reserved).



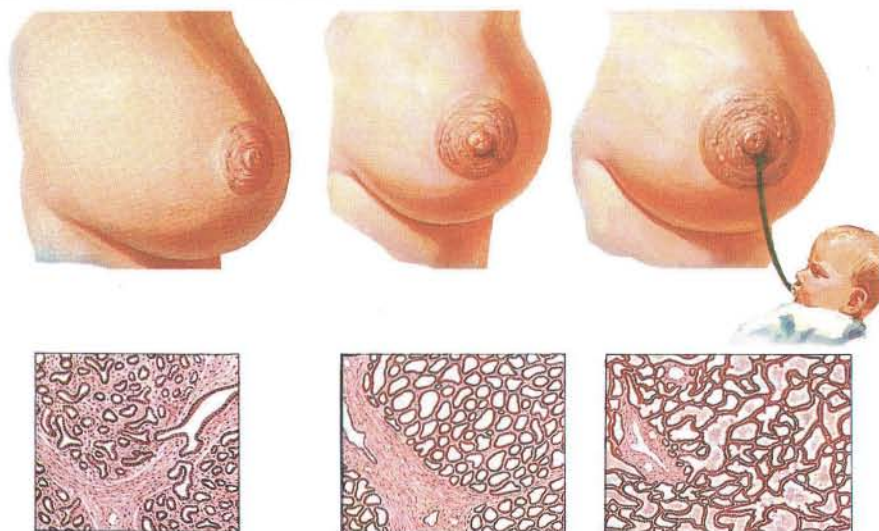


Boven: Fig. 3. De melkafscheiding wordt hormonaal geregeld vanuit de hersenen. Zoals steeds zijn er stimulerende en remmende hormonen, die ieder weer beïnvloed worden door een reeks vooral emotionele factoren.

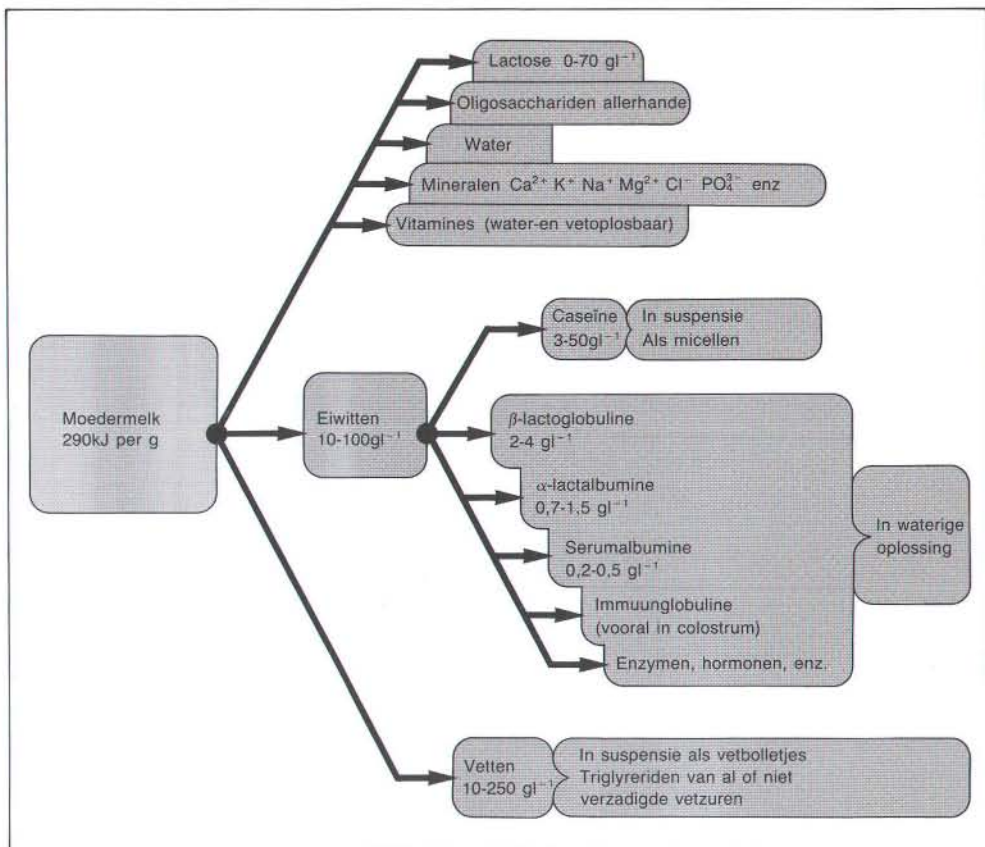
Biosynthese

Al komen sommige bestanddelen van de melk (water, vitaminen, een aantal mineralen, bepaalde eiwitten) onveranderd van het bloed in de melk terecht, een groot gedeelte van de melk wordt door de borstklier zelf opgebouwd uit grondstoffen die via de haarvaten naar de kliercellen worden aangevoerd. Ook de bestanddelen die rechtstreeks vanuit het bloed in de melk terechtkomen, passeren deze cellen. Sommige van deze bestanddelen schijnen echter via de ruimte tussen de verschillende kliercellen getransporteerd te worden. Amino-zuren, glucose en vetzuren uit het bloed zijn de grondstoffen waaruit de kliercel de drie voornaamste melkbestanddelen opbouwt, eiwitten, melksuiker (lactose) en vetten (lipiden).

Dank zij onderzoek bij dieren, en deels ook bij vrouwen, is die biosynthese thans in grote lijnen bekend. Alle eiwitten die in de borst worden gemaakt, alsmede melksuiker en een groot gedeelte van de in melk aanwezige mineralen (met name calcium en fosfaat), worden 'ingepakt' in blaasjes in het zogenaamde Golgi-apparaat, waarvan de inhoud tenslotte in de acinus wordt uitgestort. De vetstoffen komen voor als druppeltjes die na te zijn omgeven door een gedeelte van de celmembraan, door de cel worden uitgescheiden.



F. Netter
© CIBA



Samenstelling

Het zal duidelijk zijn dat moedermelk in het algemeen alle voedingsstoffen voor het kind in voldoende hoeveelheden zal moeten bevatten. Als dat niet zo was, zou de mens al lang van de aardbodem verdwenen zijn. Niettemin kan deze van vrouw tot vrouw sterk uiteen lopen.

Ondanks het feit dat de samenstelling van moedermelk het onderwerp is geweest van tal van studies, heeft men nu nog maar een vaag idee waaruit de moedermelk is samengesteld. Dit komt in hoofdzaak doordat deze samenstelling ook per persoon wisselt en doordat het moeilijk is met enige regelmaat bij een voldoende aantal moeders gedurende een zo lang mogelijke tijd onder gestandaardiseerde omstandigheden monsters van de melk te nemen. De in dit artikel genoemde cijfers zal men dan ook, en dat geldt overigens voor elke

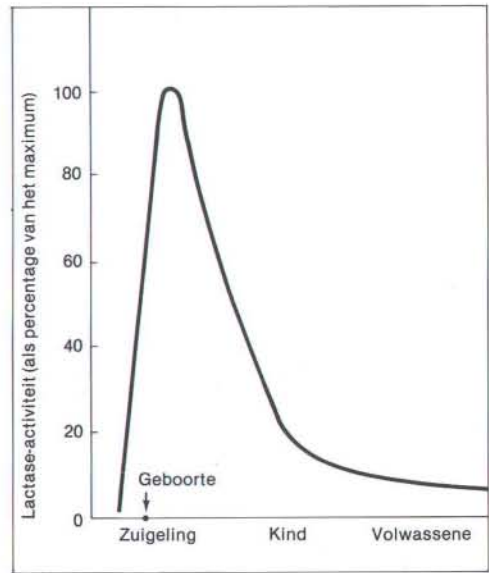
publicatie over moedermelk, met de uiterste zorg moeten hanteren. Zo kan men licht vergeten dat moedermelk eigenlijk, naast een bron van energie en onmisbare grondstoffen, voor het kind ook een belangrijke bron van water is (voor 87 procent van het volume).

Uitgaande van het gehalte aan vetstoffen, koolhydraten en eiwitten kan de energetische (calorische) waarde van moedermelk eenvoudig worden bepaald. Deze bedraagt gemiddeld zo'n 290 kJ per 100 g rijpe melk (1 kJ = 0,24 kcal). Deze waarde kan echter enorme variaties vertonen afhankelijk van de vrouw, haar voeding, het tijdstip in de lactatieperiode en zelfs tussen het begin en het einde van een voeding; het betreft voornamelijk variaties in het vetgehalte van de melk. Het verzadigingsgevoel van de zuigeling zal, in het bijzonder na de veertigste dag, afhangen van de opgenomen hoeveelheid energie.

Melksuiker

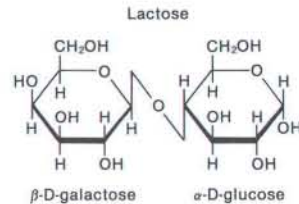
Lactose, een suiker die bestaat uit een molecule glucose en een molecule galactose, is bij vrijwel alle zoogdieren het meest voorkomende koolhydraat in de melk. Merkwaardig genoeg komt deze stof in levende wezens nauwelijks voor en wordt zij vrijwel uitsluitend in melk aangetroffen. Lactose is aanzienlijk minder zoet dan sucrose, onze 'gewone' suiker. Voorzover bekend is het lactosegehalte van moedermelk hoger dan bij enig ander zoogdier; de melk van merries komt hier het dichtste bij. Bij de mens en het paard levert de lactose dan ook een belangrijke bijdrage tot de totale energetische waarde van melk, terwijl dit bij andere diersoorten slechts gering is.

Naast lactose bevat de melk bij de mens meer dan vijftig andere soorten koolhydraten (oligosacchariden genaamd). Deze stoffen



Links: Fig. 4. Moedermelk is een ingewikkeld mengsel van componenten, waarbij de rol van een aantal onderen nog niet opgehelderd is. De meest in het oog springende zijn melksuiker, eiwitten en vetten.

Rechtsboven (fig. 5) en rechts (fig. 6): Melksuiker (lactose) wordt afgebroken door het enzym lactase tot glucose en galactose. Bij het merendeel van de niet-Europeanen verdwijnt dit enzym vrij snel, waarna ze moeilijkheden krijgen bij het verteren van melk.



dragen echter nauwelijks bij tot de energetische waarde van de melk en als zij een rol spelen, ligt deze op een ander terrein. Reeds lang is bekend dat sommige in structuur overeenkomen met de antigenen van bloedgroepen. Misschien stimuleren zij de groei van de darmbacterie *Lactobacillus bifidus* die bij de borstvoedingskinderen veel voorkomt.

Met behulp van *lactase*, een enzym dat gelocaliseerd is op de membraan van de cellen in de borstelzone van de dunne darm (enterocyten), wordt de opgenomen lactose gesplitst in galactose en glucose. De afgelopen vijftien jaar is uitvoerig onderzoek verricht aan lactase. Zo heeft men geconstateerd dat het bij volwassenen nog uitsluitend voorkomt bij Europeanen en volkstammen van Europese oorsprong. Het merendeel van de wereldbevolking bezit na het spenen (stoppen met borstvoeding) dan ook geen lactase meer in de ingewanden, hetgeen leidt tot een intolerantie voor lactose en dus ook voor melk. Bij pasgeborenen komt dit echter uiterst zelden voor.

De door lactase vrijgemaakte glucose en galactose worden geabsorbeerd door de enterocyten en komen zo in het bloed terecht; vervolgens wordt de galactose omgezet in glucose, voornamelijk in de lever, terwijl de glucose door alle cellen van het organisme wordt gebruikt of in de lever opgeslagen als glycogeen.

Melkvet

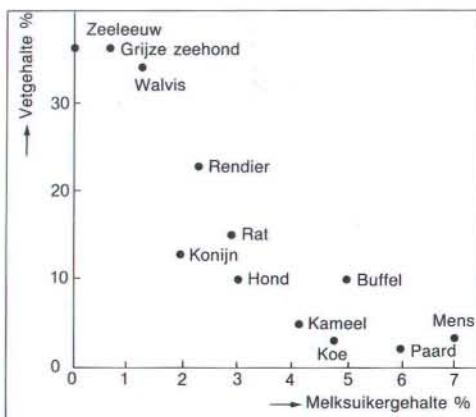
De vetstoffen zijn in de melk aanwezig in de vorm van *vetbolletjes*. Deze bestaan grotendeels uit triacylglycerolen (triglyceriden), moleculen die zijn opgebouwd uit vetzuren en glycerol. Deze verbindingen spelen bij het kind een essentiële rol in de energievoorziening, grotendeels vanwege de hierin voorkomende vetzuren. Verreweg de meeste triacylglycerolen in de moedermelk zijn opgebouwd uit vetzuren met lange keten (vooral 16 of 18 koolstofatomen komen voor).

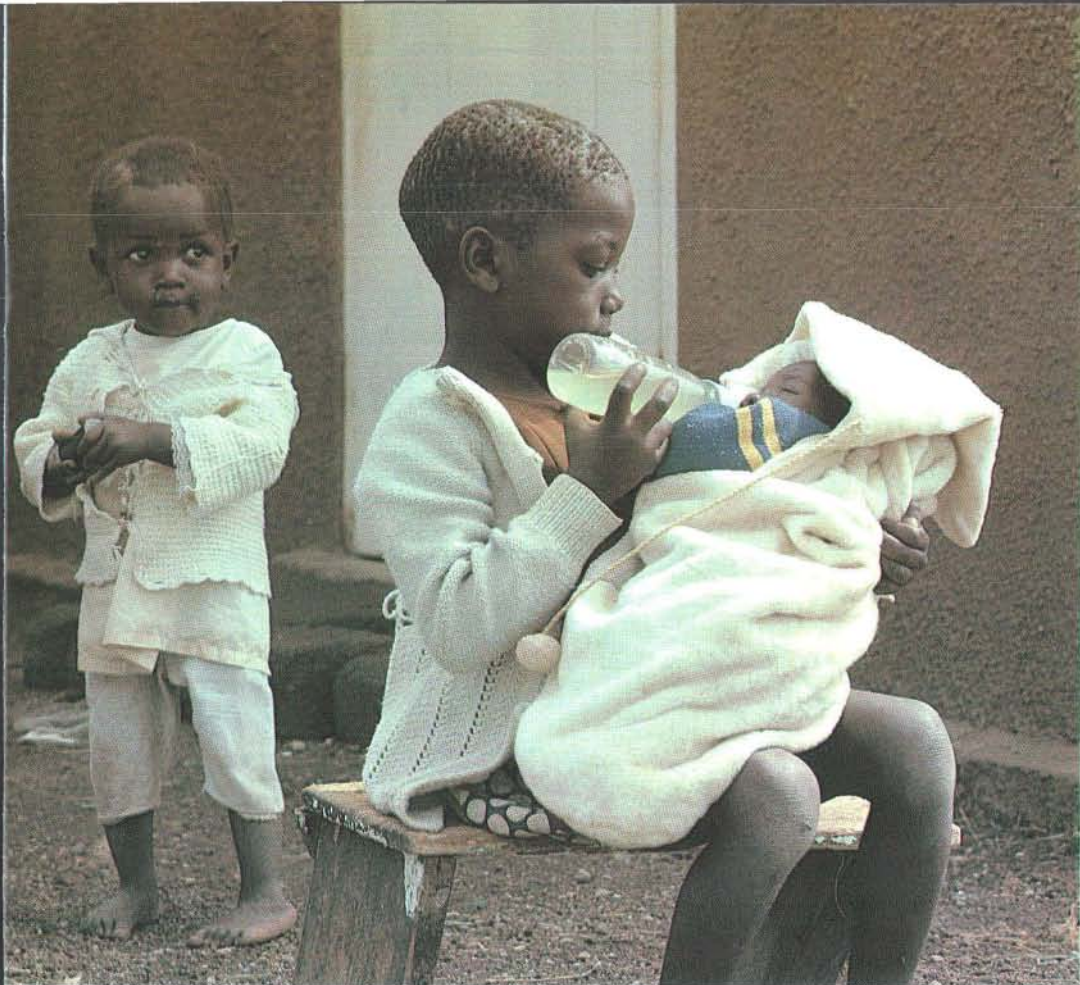
Deze stoffen worden in de dunne darm door de gal geëmulgeerd en door lipase uit de pancreas gehydrolyseerd tot losse stukken die de enterocyt kan absorberen en opnieuw kan gebruiken om triacylglycerolen op te bouwen. Deze worden dan in verbinding met eiwitten, vetten en cholesterol naar de lymfvaten getransporteerd en komen vandaar in de bloedsomloop terecht.



Boven: Hoewel flessenvoeding het voordeel heeft dat ook anderen ze kunnen geven, vereist het aanmaken precisie en hygiëne, wat niet overal even vanzelfsprekend is.

Onder: Fig. 7. Vet- en melksuikergehalte van een aantal melksoorten. Opvallend is de vette melk van pooldieren.





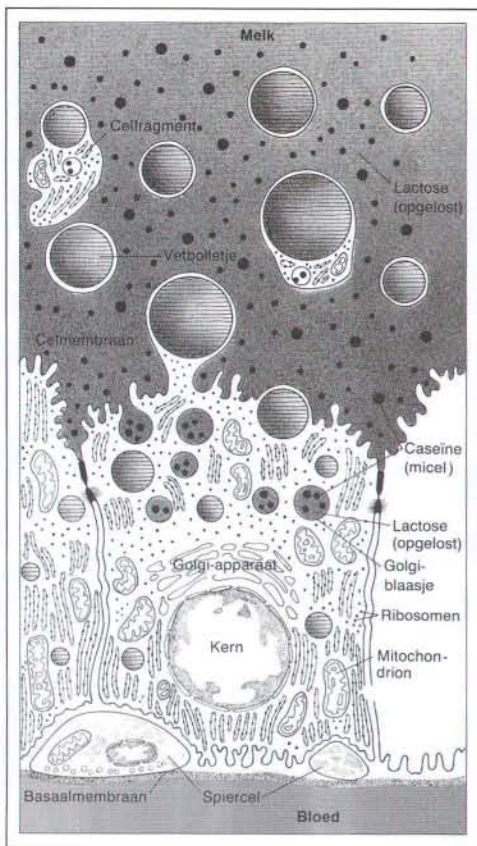
Zoals reeds eerder opgemerkt, kan het vetgehalte van moedermelk, dat gemiddeld 39 g l^{-1} bedraagt, sterk uiteen lopen. Deze schommelingen zijn voornamelijk toe te schrijven aan individuele factoren en in mindere mate aan andere. Zo is het vetgehalte maximaal in het begin van de lactatieperiode, bij het eerste kind van de vrouw, 's morgens vroeg en tegen het einde van de voeding. Onlangs is in een Afrikaans dorpje geconstateerd dat de toeneming van het vetgehalte tijdens de voeding evenredig is met de hoeveelheid gedronken melk.

De onderlinge verhouding van de verschillende vetzuren wordt verder beïnvloed door de aard van de vetten die in het voedsel van de moeder voorkomen. De vetzuursamenstelling van de moedermelk komt sterk overeen met die van het voedsel van de moeder. Als dit echter een geringe calorische waarde heeft,

spreekt de moeder haar eigen voedselreserve aan en in dit geval komt de vetzuursamenstelling van de melk meer overeen met die van haar eigen vetweefsel. Tot slot merken wij op dat de triacylglycerolen in de melk tot oplosmiddel dienen voor stoffen die het kind en de volwassene niet zelf kunnen maken en die dus afkomstig zijn uit het voedsel van de moeder. Dit zijn de zogenaamde vetoplosbare vitamines A, D, E en K.

Eiwitten

Hoewel het grootste deel van de melkeiwitten in de klieren van de borstklier wordt gesynthetiseerd, worden in de moedermelk ook bijna alle eiwitten uit het bloed aangevoerd, zij het dan in geringe hoeveelheden. Van de eiwitten uit het bloed is het serumalbumine, dat het belangrijkste bloedeiwit is, ook



in de melk overheersend. Op dit moment is het niet bekend of deze serum-eiwitten, althans in moedermelk, een speciale functie hebben.

Uit elektronenmicroscopisch onderzoek en fysiochemische analyses is gebleken dat deze eiwitten zich in twee vormen in de melk bevinden: als micellen en in oplossing. De *micellen* zijn bolvormige deeltjes, van variabele diameter (10 tot 100 nm) die zijn opgebouwd uit een bepaald soort eiwit, namelijk caseïne, en mineralen (in hoofdzaak fosfaat, calcium en magnesium). De andere eiwitten, de *wei-eiwitten*, bevinden zich werkelijk in oplossing.

De caseïnemicellen, die het witte uiterlijk van afgeroomde melk veroorzaken, vormen een zeer stabiele suspensie. Bij de koe (en waarschijnlijk ook bij de mens) zijn deze micellen opgebouwd uit nog kleinere bolletjes, de submicellen, met een diameter van circa 1 nm. Deze submicellen blijken vrijwel uitsluitend te bestaan uit caseïnemoleculen die door hydrofobe wisselwerking bij elkaar worden gehouden. Ze zijn onderling weer in de micellen aan elkaar gebonden door een mineraalcomplex (fosfaat-citraat-calcium-magnesium). De binding tussen submicellen wordt waarschijnlijk teweeggebracht door wisselwerkingen van ionogene aard, waarbij in het bijzonder de calciumionen van het complex en negatief geladen groepen van caseïne betrokken zijn.

INTERMEZZO

Moedermelk en immuniteit

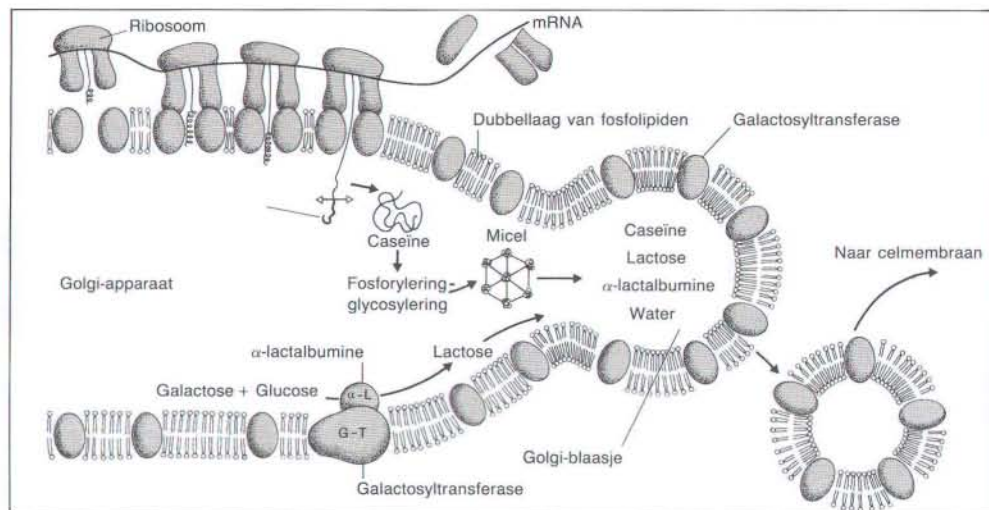
Algemeen gesproken zijn immuunglobulinen grote eiwitmoleculen die door in het lichaam circulerende cellen, de witte bloedlichaampjes (lymfocyten), worden gevormd wanneer deze in contact komen met lichaamsvreemde moleculen of micro-organismen. De immuunglobulinen hebben tot taak deze ongewenste indringers onschadelijk te maken. Er bestaan verschillende klassen van immuunglobulinen (IgG, IgA, IgM, IgD, IgE), die elk een specifieke functie hebben. In heel grove benadering kunnen we zeggen dat IgM en IgG zich richten op binnendringers in de weefsels en deze onschadelijk maken; de immuunglobulinen van de klasse IgA zich richten op elementen die weefselbeschadigingen kunnen

veroorzaken en staan rechtstreeks in contact met de buitenwereld; de klasse IgE te maken heeft met allergische reacties.

IgA-moleculen kunnen na hun vorming het bloed of de extracellulaire vloeistof verlaten door zich aan een membraaneiwit te hechten, het uitscheidings-eiwit genaamd, zodat zij uitgescheiden kunnen worden (in dat geval worden zij secretie-IgA of sIgA genoemd). Sinds kort is bekend waar de sIgA, de meest voorkomende immuunglobulinen in de moedermelk, worden gevormd. De dunne darm van de vrouw bevat hier en daar groepjes lymfcellen, de Peyerse plaques. Sommige van de IgA-lymfocyten waaruit deze plaques bestaan, worden geprikkeld door

Links: Fig. 8. De melkklier cel is heel rijk aan mitochondriën (energie) en ribosomen (eiwitsynthese). De vetbolletjes omhullen zich bij hun secretie met een deel van de celmembranen en laten hun inhoud (opgeloste stoffen en caseinemicellen) vrij in de acinus.

Onder: Fig. 9. Detail van het Golgi-apparaat, de 'verzending' van de cel. De ribosomen maken op de membraan de eiwitten, terwijl ook allerlei andere celproducten binnen de membraan geconcentreerd worden. Een deel van de membraan snoert zich af en gaat dan als Golgi-blaasje naar de celmembranen.



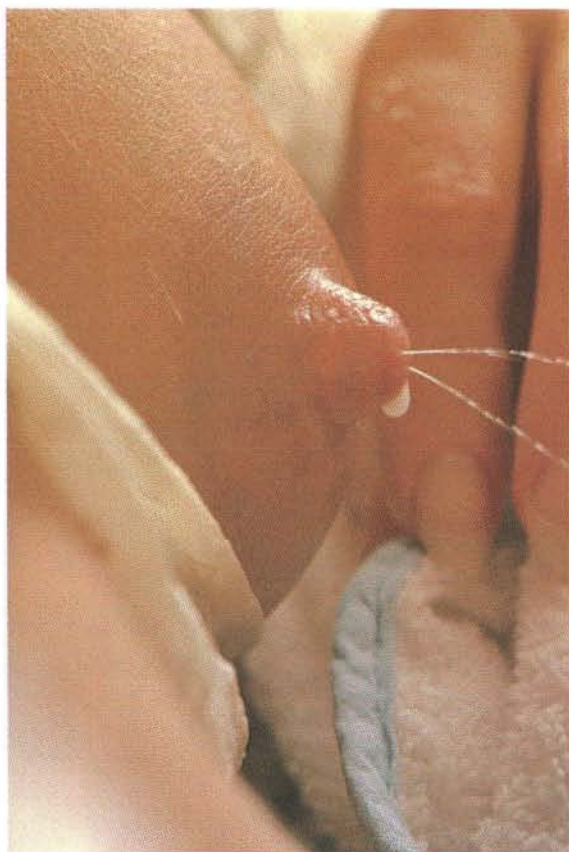
De oplosbare eiwitten uit moedermelk zijn, gerangschikt naar afnemend voorkomen: α -lactalbumine, lactoferrine, immuunglobulinen, serumalbumine, lysozym, en nog enkele andere. Een aantal ervan heeft waarschijnlijk te maken met de vasthechting en de evenwichtige ontwikkeling van de verschillende micro-organismen waaruit de darmflora van het kind bestaat.

micro-organismen en voedselresten, antigenen dus, die de darm passeren. De lymfocyten komen dan in de bloedsomloop en vestigen zich vervolgens op verschillende plaatsen zoals de lamina propria (de onder de enterocyten gelegen laag) of in het interstitieel weefsel van de borstklier. Daar scheiden zij IgA-moleculen uit die specifiek zijn voor de antigenen die hen in eerste instantie prikkelde.

Vervolgens passeren deze IgA-moleculen het klierweefsel van de borstklier, hoe is nog niet precies bekend, waarbij zij sIgA worden en vervolgens in de melk terechtkomen. Evenals de andere immuunglobulinen hecht het IgA zich dan aan de antigenen die verantwoordelijk waren

voor de productie ervan. In tegenstelling tot het serum-IgG blijkt het sIgA echter de bacteriën niet te kunnen vernietigen. Vermoedelijk worden de ongewenste bacteriën in de ingewanden van het kind door het sIgA 'ingepakt', waardoor zij zich niet meer aan het darmepitheel kunnen vasthechten en sneller met de ontlasting worden verwijderd. Onlangs is bij kinderen tussen de 1 en 5 maanden aangetoond dat de ontlasting van kinderen die borstvoeding gekregen hadden, driemaal zoveel sIgA bevatte als die van kinderen die met aangepaste koemelk gevoed waren. Tevens is aangetoond dat bij 70 procent van de kinderen met diarree, de ontlasting slechts een geringe hoeveelheid sIgA bevatte.

Al deze eiwitten leveren de zuigeling de aminozuren, stikstof dus, die onmisbaar zijn voor het opbouwen van zijn eigen eiwitten en nucleïnezuren. Caseïne speelt een bijzondere rol: de caseïnemicellen, die zowel aminozuren als mineralen leveren, klonteren samen in de maag onder invloed van het enzym pepsine en de daar heersende zuurgraad. Deze klonters hebben een losse structuur en kunnen gemakkelijk door spijsverteringsenzymen bewerkt worden tot aminozuren. Deze laatste worden door de enterocyten geabsorbeerd en in de bloedsomloop gebracht waarna zij in hoofdzaak gebruikt worden om eiwitten of nucleïnezuren op te bouwen. Caseïne vormt echter maar 40 procent van het in moedermelk aanwezige eiwit. Ook de eiwitten uit het melkserum worden, al hebben ze waarschijnlijk elk afzonderlijk een specifieke rol, voor een groot deel afgebroken tot aminozuren. Sommige aminozuren (waarvan er in eiwitten twintig verschillende worden aangetroffen) kunnen niet of slechts zeer langzaam door het organisme worden opgebouwd. Deze *essentiële aminozuren* dienen in voldoende mate in het dagelijks voedsel aanwezig te zijn. Voor de volwassen mens is dit met acht aminozuren het geval. Vermoedelijk zijn voor pasgeborenen en voortijdig geboren kinderen nóg twee andere aminozuren onmisbaar.



Caseïne vervult ongetwijfeld een essentiële rol als leverancier van de door het kind benodigde mineralen en mogelijk ook bij het transport daarvan in de darmen naar plaatsen waar deze geabsorbeerd worden. Lactoferrine is vermoedelijk ook actief bij het transport van ijzer en evenzo enkele andere melkeiwitten bij het transport van bepaalde vitaminen. De aanwezigheid van α -lactalbumine in de melk wordt verklaard door de rol die deze stof speelt bij de synthese van lactose bij de vrouw. Daarenboven is het zeer waarschijnlijk dat een aantal wei-eiwitten uit het melkserum betrokken zijn bij de vorming van darmflora en bij de bescherming van het spijsverteringskanaal van het kind tegen ziekteverwekkende micro-organismen. Deze functie is duidelijk aangetoond (hoewel nog niet goed verklaard) voor een bepaalde klasse immuunglobulinen, aangeduid met IgA (zie het intermezzo).



Links: Moedermelk is niet alleen 'brandstof voor de baby', zij levert hem ook een aantal andere noodzakelijke stoffen als water (!), vitaminen, mineralen en antistoffen.

Boven: Moeders met couveusekinderen kunnen hun melk afkolven (in de kleine bruine flesjes). De verpleegster draagt zorg voor de juiste dosering voor elke voeding.

Geheel links onder: Moedergroepen als deze hebben een heel stimulerend effect wanneer het eens wat moeilijker gaat. De stijgende trend in het aantal zogende moeders is vooral aan hen te danken.

Toxische stoffen in moedermelk

In de afgelopen jaren zijn verschillende onderzoeken gewijd aan het voorkomen van gevaarlijke stoffen in de moedermelk (pesticiden, geneesmiddelen, antibiotica, enz.). Een groot aantal door de moeder via de mond of de ademhalingswegen opgenomen stoffen komt inderdaad in meerdere of mindere mate in de melk terecht, hoewel de borst doorgaans als een goede 'filter' beschouwd kan worden.

Deze stoffen kunnen afkomstig zijn uit de lucht (bijvoorbeeld in huis gebruikte insecticiden), uit de voeding of ook uit eventuele medicijnen die de moeder tijdens het zogen gebruikt. Mede daarom is het lezen van bijsluiters altijd aan te bevelen. Ondanks dit alles zijn er in de literatuur uiterst weinig gevallen bekend van kinderen die nadelen hebben ondervonden door toxische stoffen in de melk.

Is moedermelk na te maken?

Moedermelk is door zijn samenstelling waarschijnlijk uitstekend aangepast aan de behoeften van het pasgeboren kind. Naast essentiële voedingsstoffen als lipiden, koolhydraten en eiwitten, bevat de melk enkele uiterst belangrijke elementen voor het jonge kind, zoals mineralen, wateroplosbare vitaminen en andere stoffen die misschien bij verder onderzoek onmisbaar zullen blijken, zoals bepaalde cellen, de Epidermal Growth Factor (EGF), zekere hormonen, taurine, enzovoort. Wij hebben er echter reeds op gewezen dat de 'rijpe' melk - die ruwweg vanaf de tiende dag na de bevalling wordt uitgescheiden - uiterst wisselend van samenstelling is. Het is zeer waarschijnlijk dat deze samenstelling in zekere mate bepaald wordt door de specifieke voedselbehoefte van het kind.



chemische transformatie onmogelijk (men zou er al een stuk dichterbij kunnen komen door van de melk van een chimpansee uit te gaan!).

Maar heeft dit gevolgen voor het kind? Het is bekend dat verdunde koemelk, met de nodige hygiënische voorzorgen, als vervanging van moedermelk kan dienen. Niettemin blijkt uit tal van statistische onderzoeken dat onder kinderen die borstvoeding ontvangen hebben minder ziekte en sterfte voorkomen.

Moedermelk is zonder enige twijfel het ideale voedsel voor het kind. Bij te vroeg geboren mag men er echter niet a priori van uitgaan dat moedermelk het optimale voedsel is, want als deze kinderen op tijd geboren waren zouden zij langer hebben kunnen profiteren van de door het bloed van de moeder aangevoerde stoffen. Is de moedermelk over het algemeen het beste voedsel voor het pasgeboren kind en toereikend tot het 5-6 maanden is,

Ook lijkt het erop dat de moeder in de eerste periode, wanneer het colostrum wordt afgescheiden, de samenstelling van haar melk aan het kind aanpast. De eerste twee à drie dagen heeft het colostrum ongeveer dezelfde samenstelling als voor de bevalling, nadien gaat die samenstelling in een dag of tien steeds meer op die van de 'rijpe melk' lijken. In die eerste dagen zijn alle eiwitten en in het bijzonder de immuunglobulinen en lactoferrine, in grote hoeveelheid in het melkserum aanwezig, evenals natrium, chloor en vetten. De rijpe melk heeft daarentegen een hoger gehalte aan lactose, calcium en kalium.

Deze veranderde samenstelling is een van de eerste problemen bij het namaken van moedermelk: het is denkbaar dat men de rijpe melk kan namaken en ook het colostrum van de eerste dagen. Maar het is uiteraard onmogelijk de natuurlijke veranderingen, zeker als die het gevolg zijn van de steeds weer specifieke wisselwerking tussen moeder en kind, na te bootsen. Een volgende niet te verwaarlozen moeilijkheid bij 'gehumaniseerde' melk ligt in de aard van de eiwitten zelf: elke diersoort heeft zijn eigen specifieke eiwitten, die wel meer op elkaar lijken naarmate de dieren meer verwant zijn. Een volmaakte, of zelfs maar bijna-volmaakte, nabootsing van moedermelk op basis van eiwitten uit koemelk is dus zonder

Linksboven: Bij couveusekinderen wordt de moedermelk met een injectiespuit via een darmpje rechtstreeks in de maag gebracht, druppel voor druppel. Vooral de antistoffen in de moedermelk zijn voor het kind van belang. De ouders kunnen door het zelf toedienen toch al een band krijgen met het kind.

Breastfeed your baby for two years.

- Mother's milk is best for your baby.
- For proper breast-feeding you must space your pregnancies.
- For advice and assistance visit the nearest family planning clinic.



daarna dient het voedsel aangevuld te worden want dan is de melk alleen niet meer voldoende. Bovendien zijn er veel vrouwen die al voordien te weinig melk hebben.

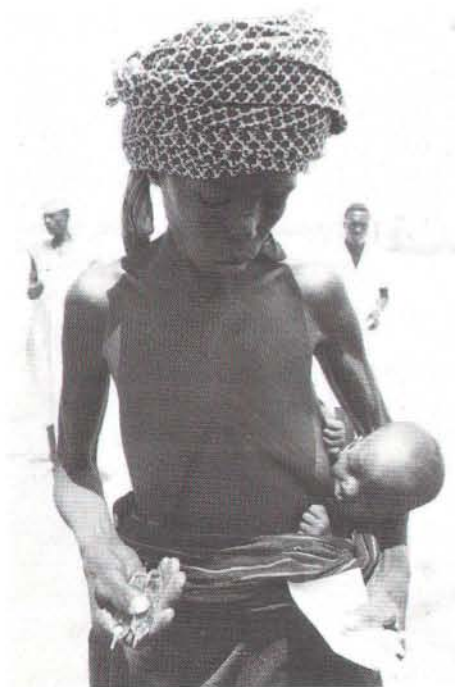
Hieruit blijkt dat men borstvoeding zeker nog verder moet stimuleren, maar dat vervangende melkproducten altijd nodig zullen blijven. Wat verstaat men eigenlijk tegenwoordig onder flesvoeding? Het is een mengsel waarvan de meeste bestanddelen afkomstig zijn uit koemelk maar waarin men getracht heeft de concentratie van elke component, of groep componenten, zo dicht mogelijk bij de concentratie van de overeenkomstige component of groep in moedermelk te brengen. Voor de identieke bestanddelen (lactose, mineralen, vitaminen) in beide soorten melk is dit nauwelijks een probleem. Voor de vetten kan men de samenstelling van moedermelk dicht benaderen door zorgvuldige toevoeging van vetten uit

koemelk en plantaardige oliën. Het grootste probleem vormen de eiwitten.

Dank zij de inspanning van fabrikanten en met behulp van kinderartsen is flesvoeding bijna altijd een uitstekend vervangingsmiddel voor borstvoeding en men is nog steeds op zoek naar verdere verbeteringen. Momenteel gaat het onderzoek in drie richtingen: in de eerste plaats probeert men meer te weten te komen over de melkeiwitten en de biologische rol van elk daarvan; voorts tracht men te bepalen of zich in de koemelk soms stoffen bevinden die niet goed zijn voor het kind. En ten laatste probeert men na te gaan op welke wijze de eerste bacteriën zich in het spijsverteringskanaal van aan de borst gevoede baby's vestigen. Bij kinderen die kunstmatige voeding ontvangen, gebeurt dit anders. Men tracht thans de redenen voor deze verschillen te doorgronden en deze te doen verdwijnen.

Onder: Hoewel ook in de ontwikkelingslanden flessenmelk zijn nut heeft, zoals bij ondervoede moeders, hebben de advertentiecampagnes van winsthongerige multinationals onnoemelijk veel leed veroorzaakt omdat er geen zuiver water was voor de aanmaak van de melk en omdat de publiciteit wél op analfabeten afgestemd was,

maar de gebruiksaanwijzing niet. De Wereldgezondheidsorganisatie heeft zich sterk moeten inspannen om het effect van de campagnes weer op te heffen. De industrie heeft nu een gedragscode aanvaard. In Nederland en België wordt door de melkpoederindustrie zelf heel scherp toegezien op naleving ervan.



Literatuur

- Wendelaar Bonga, S.E., Wendelaar Bonga-Heukels, C.L., (1979). *Prolactine. Een veelzijdig hormoon*. Natuur en Techniek, 47, 11.
- De Cuyper, M., (1979). *Stoornissen in de vertering van melksuiker*. Natuur en Techniek, 47, 5.
- Peerdeman, R. (samenst.), (1983). *Borstvoeding. Informatie, adviezen, persoonlijke ervaringen*. Maandblad Kinderen en Het Spectrum, Utrecht/Antwerpen. ISBN 90 274 1192 1.
- Moedermelk in een vervuilde milieu*. Stichting Ekologie, Amsterdam, 1983. ISBN 90 6224 219 7.

Bronvermelding illustraties

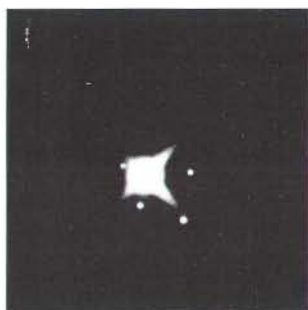
- Eltern, München: pag. 488-489.
- World Health Organisation, Genève: pag. 490-491, 502 onder, 503.
- Ciba-Geigy Corporation, Arnhem: pag. 492-493.
- La Leche League, Heerlen: pag. 495, 500.
- Taeke Henstra, Haarlem: pag. 496-497, 500-501.
- Paul Mellaart B.V., Maastricht: pag. 501 rechts, 502 boven.

Nuttige adressen

- La Leche League. Lilian M. Kok-Brinkhuis, Klaverveld 7, 2742 GH Waddinxveen.
- La Leche League. Blijde Inkomstraat 31D bus 10, 3000 Leuven.
- Vereniging Borstvoeding Natuurlijk. Postbus 119, 3960 BC Wijk bij Duurstede.
- VZW Borstvoeding, Kortenhoeckstraat 2D, 9308 Hqfstade.

URANUS, NEPTUNUS EN PLUTO

Door de grote afstand zijn waarnemingen vanaf de aarde van de planeten Uranus, Neptunus en Pluto erg moeilijk. Toch weet men al heel wat van deze planeten. Met steeds gevoeliger detectoren en de geplande Space Telescope zal men in de nabije toekomst hun atmosfeer, manen en ringen nader bestuderen. Het is natuurlijk intrigerend of Neptunus net als Jupiter, Saturnus en Uranus, ook een ringensysteem heeft. In 1989 zullen we dat weten, wanneer de Voyager deze planeet zal passeren. Van de kleinste planeet, Pluto, is het minst bekend, maar men weet wel dat de planeet een maantje heeft waarvan de massa slechts 8 maal kleiner is dan die van de planeet zelf!



De onbekende buitenplaneten

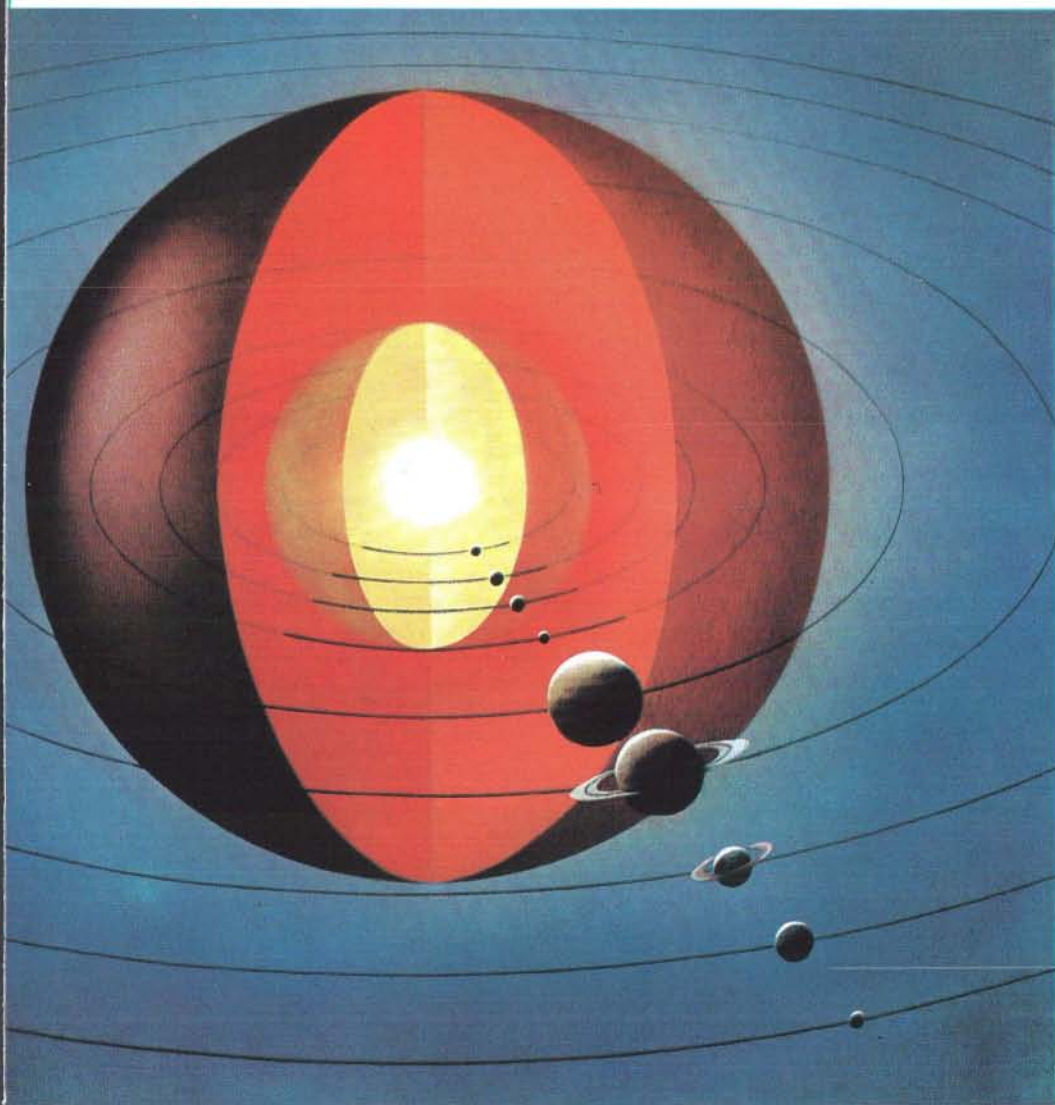


De tekening geeft een indruk van het zonnestelsel. Onderwerp van dit artikel zijn de drie buitenste planeten. De foto's geven achtereenvolgens van links naar rechts:

Uranus, met vier van zijn vijf manen op een opname uit 1962. Miranda, de maan die het dichtst bij Uranus staat is hier niet zichtbaar. Vanaf het noorden zijn kloksgewijs te zien: Titania, Oberon, Umbriel en Ariel.

Neptunus heeft twee begeleiders: Triton, die als een uitstulping aan de noordkant van Neptunus te zien is, en Nereïde, die aangegeven staat met de pijl.

De belichtingstijd van de laatste foto was 1 uur, waardoor Pluto die zich verplaatst ten opzichte van de achtergrond van sterren, niet als een punt afgebeeld werd, maar als een kort streepje. Charon, het maantje van Pluto, is niet zichtbaar.



Imke de Pater

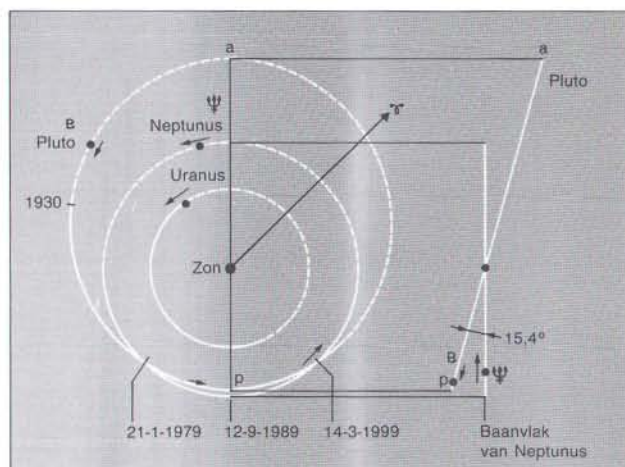
*Lunar and Planetary Observatory
University of Arizona
Tucson, Arizona, USA*

John R. Dickel

*University of Illinois
Urbana, Illinois, USA*

Uranus, Neptunus en Pluto zijn de tot nu toe bekende planeten, waarvan de baan buiten die van Saturnus ligt. Uranus en Neptunus lijken wat hun grootte en samenstelling betreft op Jupiter en Saturnus. Uranus en Neptunus hebben beide een diameter van ongeveer 50 000 km; Neptunus is een paar duizend km kleiner dan Uranus. Pluto is ongeveer twee maal kleiner dan Mercurius, met een diameter van ongeveer 3000 km. De dichtheden van de planeten lopen uiteen (zie tabel 1).

Opmerkelijk is dat Pluto's baan een hoek van 17° met het eclipticavlak (het vlak gevormd door de omloopbaan van de Aarde rond de Zon) maakt, wat een veel grotere hoek is dan de andere planeten. Zijn baan is ook veel elliptischer; tussen 1980 en 2000 staat Pluto dicht bij de Zon dan Neptunus (zie fig. 1). Over het algemeen is de inclinatiehoek van de planeten in ons zonnestelsel kleiner dan 7° en zijn de planeetbanen bijna cirkelvormig. Merkwaardig is verder ook dat het equator-



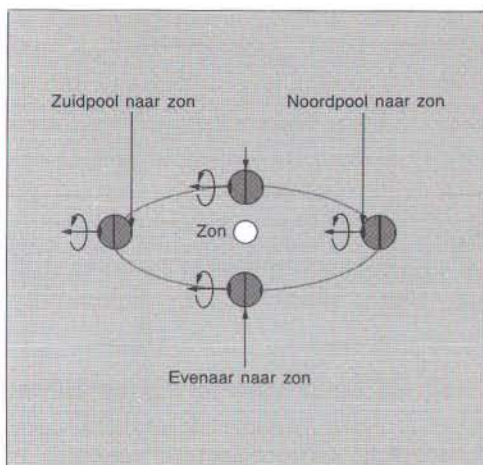
Links: Fig. 1. Een overzicht van de drie buitenste planeten van het zonnestelsel. Het vlak van tekening is het aardbaanvlak en het gestippelde gedeelte van de planeetbanen geeft aan welk deel zich ten zuiden van het aardbaanvlak bevindt. Op dit moment staat Pluto dicht bij ons dan Neptunus.

Rechts: Fig. 2. De rotatie-as van Uranus ligt vrijwel in zijn baanvlak. Op dit moment is de noordpool van Uranus bijna naar de zon gericht, waardoor op het noordelijk Uranus halfrond een zeer lange poolzomer zijn hoogtepunt bereikt. Deze zomer duurt ongeveer 21 jaar, een kwart van de omlooptijd van Uranus om de zon. Pas in de 'herfst' zal de zon op het noordelijk halfrond weer op en onder gaan en wordt de zon op het zuidelijk halfrond weer zichtbaar.

TABEL 1. Enige gegevens van de buitenplaneten

	Jupiter	Saturnus	Uranus
Massa (Aarde = 1)	317,893	95,147	14,54
Massa (kg)	$1,899 \times 10^{27}$	$5,686 \times 10^{26}$	$8,69 \times 10^{25}$
Gemiddelde dichtheid (kg.dm^{-3})	1,314	0,704	1,210
Equatoriale straal (km)	71 600	60 000	25 900
Equatoriale straal (Aarde = 1)	11,23	9,41	4,06
Omlooptijd (jaren)	11,86	29,46	84,01
Excentriciteit (e) van de baan	0,048	0,056	0,047
Omwentelingstijd aan de evenaar	9 u 50 min	10 u 14 min	16 u 24 min
Inclinatie evenaar t.o.v. baanvlak	$3^\circ 05'$	$26^\circ 44'$	$97^\circ 53'$
Inclinatie van de baan t.o.v. ecliptica (graden)	$1^\circ 18'$	$2^\circ 29'$	46°

vlak van Uranus een zeer grote hoek (98°) maakt met zijn baanvlak. De noordpool van Uranus is dus op een zeker moment (in 1985) precies naar de Zon en de Aarde toegekeerd; 42 jaar later (zijn omlooperperiode rond de Zon is 84 jaar) dus de zuidpool (zie fig. 2). Dit kan zeer vreemde seizoenseffecten tot gevolg hebben. Voor de meeste planeten is de inclinatiehoek kleiner dan ca. 30°. Neptunus is vrij normaal met 28°. Pluto maakt echter ook hier een uitzondering met een hoek van 65°.



Waarnemingen van deze buitenplaneten zijn uiterst moeilijk; ze zijn erg lichtzwak en klein doordat ze zo ver van ons en de Zon verwijderd zijn. Toch is er al heel wat bekend over Uranus en Neptunus. Omdat Pluto nog veel kleiner is en ver weg staat, is er van deze planeet nog heel weinig bekend. Omdat nauwkeurige waarnemingen ontbreken, is bijvoorbeeld de rotatieperiode van deze planeten nog onzeker. Voor Uranus bijv. zijn rotatieperioden uiteenlopend van 10 tot 24 uur gevonden. De verschillende methoden die gebruikt worden om deze periode te bepalen zijn: het waarnemen van periodieke schommelingen in de helderheid van de planeet; waarnemingen van de Doppler-verschuiving van verschillende spectraallijnen (verplaatsing van lijnen in het spectrum naar het rood of blauw al naar gelang het object van ons af of naar ons toe beweegt); berekeningen met theoretische modellen over het inwendige van de planeet samen met waarnemingen van de afplatting aan de polen en het zwaartekrachtsveld. De vrij algemeen aanvaarde periode voor Uranus is nu 16,4 uur; dit getal is gebaseerd op metingen van Doppler-verschuivingen en de theoretische berekeningen van het inwendige van de planeet. Neptunus draait waarschijnlijk in ongeveer 18 uur rond. Helderheidsvariaties in waarnemingen van Pluto duiden op een rotatieperiode van 6,4 dagen.

De ontdekking van de planeten

Uranus werd bij toeval ontdekt door William Herschel in 1781. Tijdens het afzoeken van de sterrenhemel vond hij een object dat er vreemd uitzag; het had meer weg van een planetair of schijfvormig object dan van een stervormig lichtpuntje. Toen hij daarna merkte dat het object ook nog bewoog ten opzichte van de sterren, nam hij aan met een komeet te maken te hebben. Nadat hij deze 'komeet' over een langere tijdsduur had waargenomen en zijn baan had berekend, bleek zij een bijna cirkelvormige baan rond de Zon af te leggen, op een afstand bijna tweemaal zo ver weg als Saturnus. Uranus was ontdekt.

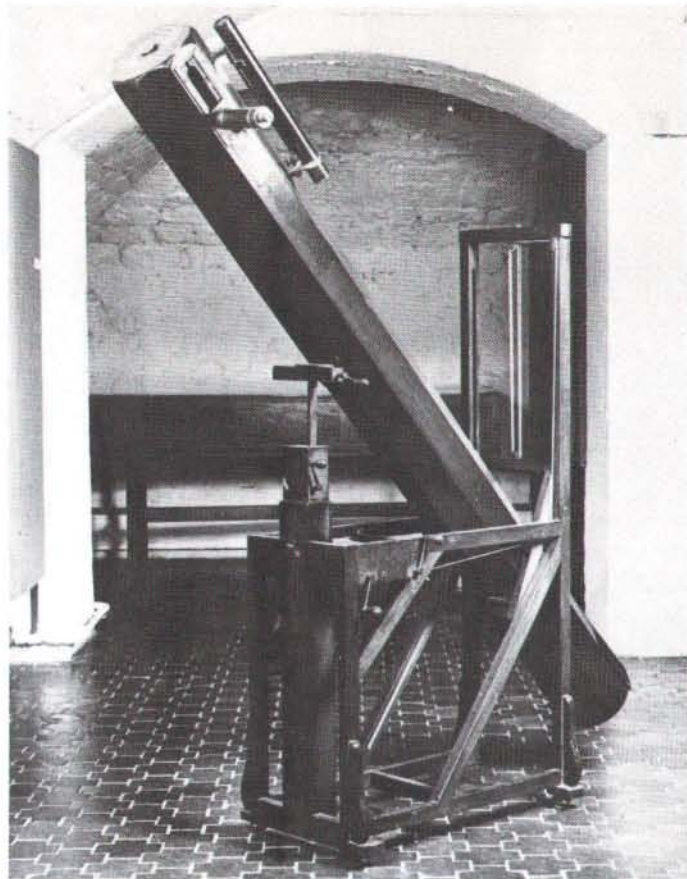
Uitvoerige berekeningen van Uranus' baan lieten enkele afwijkingen zien met de voorspelde baan. In 1841 toonde John Couch Adams, een student te Cambridge, aan dat een onbekende planeet de baanbeweging van Ura-

Neptunus		Pluto	
	17,23		0,002
	$1,030 \times 10^{26}$		$1,4 \times 10^{22}$
	1,670		~0,7
	24 750		1500
	3,88		0,5
	164,8		247,7
	0,009		0,250
	18 u		6,3867 dagen
	29°34'		~105°
	1°46'		17°12'



Boven en rechts: William Herschel was één van de grootste instrumentmakers van zijn tijd. Met zelfgebouwde telescopen, waarvan er hier een is afgebeeld, deed hij zijn grote ontdekkingen (hij bestudeerde ook nevels, sterhopen en de Melkweg). De spiegel was onderin de houten kijkerbuis geplaatst; het opgevangen licht werd weerkaatst naar een spiegelletje boven in de kijker, dat het licht naar het oculair aan de zijkant afboog.

Rechts onder: Clyde W. Tombaugh achter het oculair van de volgkijker waarmee de ontdekkingsfoto's van Pluto werden gemaakt.

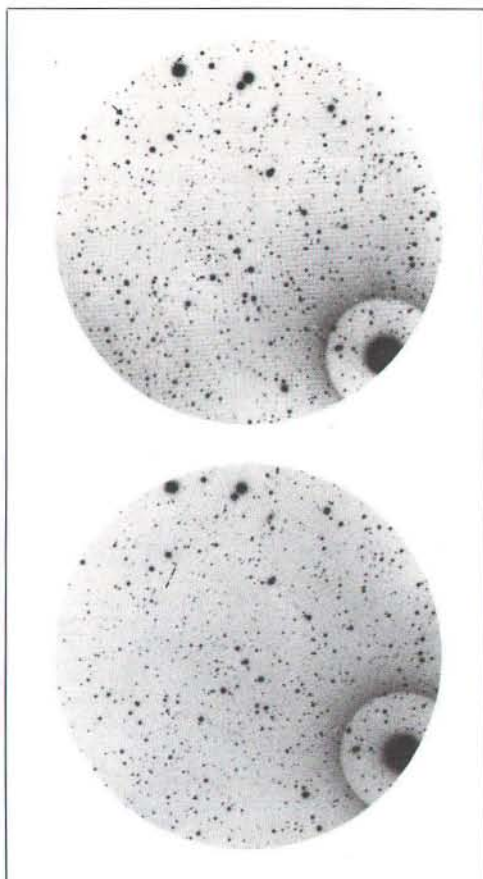


nus verstoort. Astronomen geloofden hem echter niet, dus zochten zij voorlopig niet naar een object op de door hem voorspelde positie. Pas in 1846 werd deze planeet, Neptunus, gevonden door Galle, op een afstand minder dan een graad verwijderd van de voorspelde positie. Zijn afstand tot de Zon was echter slechts 30 AE, in plaats van de op grond van de Wet van Titius-Bode voorspelde 39 AE.

Vóór de ontdekking van Uranus werd door Titius en Bode empirisch een wet gevonden over de afstanden van de verschillende planeten tot de Zon (zie tabel 2). Uranus' afstand tot de Zon van bijna 20 AE paste keurig in dit rijtje. Toen dan ook nog in 1801 de kleine planeet Ceres en een jaar later Pallas ontdekt werden op 2,8 AE, werd deze wet als algemeen geldig aanvaard. Er werden nog meer kleine planeten op deze afstand gevonden; gezamen-

lijk worden ze nu als asteroïden aangeduid. Met de ontdekking van Neptunus op 30 AE viel de Wet van Titius-Bode echter in duigen, hoewel deze wet wel geholpen had bij de voorspelling van Neptunus' positie.

Er werden weer uitvoerige baanberekeningen van Uranus en Neptunus gedaan met als gevolg de voorspelling van een negende planeet buiten Neptunus' baan. Deze planeet, Pluto, werd in 1930 door Tombaugh gevonden, op ongeveer 5° van de voorspelde positie. Nu blijkt echter dat Pluto's massa veel te klein is om de baanverstoringen van Uranus en Neptunus te verklaren. Kortom de berekeningen die tot Pluto's ontdekking geleid hebben, blijken fout te zijn. Dus is er misschien nog een planeet buiten Pluto. Men heeft uitgebreide onderzoeken gedaan om deze tiende planeet, ook wel planeet X genoemd, te vinden.

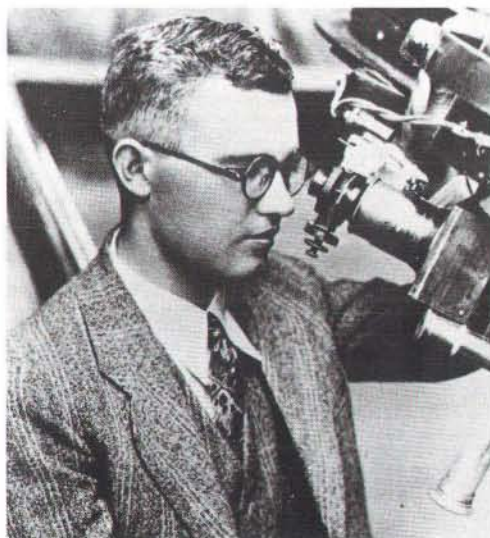


Vooral in de jaren na Pluto's ontdekking zijn talloze foto's gemaakt op verschillende tijdstippen, met elkaar vergeleken om het onbekende, bewegende object te vinden, echter zonder enig succes. Enkele astronomen hebben voorgesteld dat afwijkingen in bepaalde komeetbanen (bijv. in Halley's baan) door deze planeet X veroorzaakt kunnen zijn. Maar ook uitgebreide waarnemingen op de door hen voorspelde posities hebben niets opgeleverd.

In 1977 leek het er even op dat er iets ontdekt was: het object Chiron (niet te verwarren met Charon, de maan van Pluto), dat een zeer elliptische baan rond de Zon heeft, tussen die van Saturnus en Uranus in. Wat dat voor een object is, is niet duidelijk. Misschien een asteroïde of een oude komeetkern. Al met al, planeet X is nog niet gevonden.

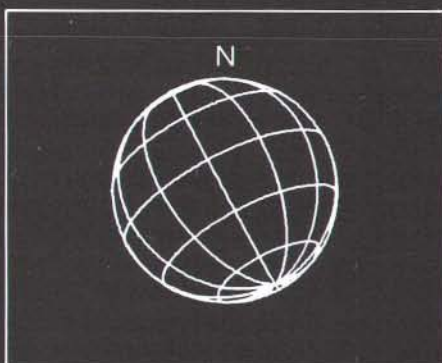
Ook is gedurende lange tijd getracht een planeet binnen Mercurius' baan te vinden: de planeet Vulcanus. Ook deze planeet is nooit gevonden, wat inhoudt dat Vulcanus, zo hij bestaat, tenminste kleiner is dan enkele tientallen kilometer.

Links: De twee fotografische opnamen waarop Pluto door Clyde W. Tombaugh ontdekt werd. De bovenste werd op 23 januari 1930 opgenomen (Pluto is bij het pijltje linksboven te zien) en de onderste op 29 januari 1930 (Pluto staat tussen de streepjes).



TABEL 2. Afstanden van de planeten tot de zon in AE's, zoals voorspeld door de Wet van Titius-Bode, vergeleken met de werkelijke afstanden (1 AE = astronomische eenheid = afstand Aarde-Zon)

Planeet	Afstand volgens Titius-Bode	Werkelijke afstand (gemiddeld)
Mercurius	$0,4 = (0,1 \times (4 + 0))$	0,39
Venus	$0,7 = (0,1 \times (4 + 3))$	0,72
Aarde	$1,0 = (0,1 \times (4 + 6))$	1,0
Mars	$1,6 = (0,1 \times (4 + 12))$	1,52
Asteroiden	$2,8 = (0,1 \times (4 + 24))$	—
Jupiter	$5,2 = (0,1 \times (4 + 48))$	5,20
Saturnus	$10 = (0,1 \times (4 + 96))$	9,54
Uranus	$19,6 = (0,1 \times (4 + 192))$	19,18
Neptunus	$38,8 = (0,1 \times (4 + 384))$	30,06
Pluto		39,44



Om details op het oppervlak van Neptunus waar te nemen is er gebruik gemaakt van een zogeheten Charge-Coupled Device (CCD), een zeer gevoelige detector. De opname rechtsboven is gemaakt met een breedbandfilter in het rode deel van het spectrum (rond 750 nm), de andere drie met een smalbandfilter in het infrarood (bij 890 nm) met tussenpozen van ca. 1 uur. Als gevolg van de rotatie van de planeet verschillen de opnamen enigszins. Rond de evenaar van Neptunus wordt het zonlicht zeer sterk geabsorbeerd.



9.40 uur



10.19 uur 890 nm

Samenstelling

Uranus en Neptunus lijken, ook wat hun samenstelling betreft, erg op Jupiter en Saturnus. Ze hebben waarschijnlijk een rotsachtige kern met daaromheen een laag ijs. De zeer dichte atmosfeer bestaat voornamelijk uit waterstof en helium en relatief veel methaan, ongeveer 10 maal zoveel als op de Zon. Net als bij Jupiter en Saturnus denkt men dat de atmosfeer van Uranus en Neptunus ook ammoniakgas en water bevatten.

Uit infrarood waarnemingen blijkt de stratosfeer van Uranus vrij koud te zijn, slechts 95 K (-178°C). Neptunus' stratosfeer is ongeveer 140 K (-133°C). Deze planeet heeft, in tegenstelling tot Uranus, maar net als Jupiter en Saturnus, een inwendige energiebron en straalt dus zelf een hoeveelheid warmte uit.

Door de verschillen tussen deze planeten wordt ook verwacht dat hun atmosfeer en vooral de meteorologische verschijnselen hierin, vrij veel van elkaar zullen verschillen. Of de atmosfeer alleen maar verwarmd wordt door de Zon of ook van binnen uit, kan aanleiding geven tot grote verschillen in de winden.

Pluto lijkt wat zijn samenstelling betreft meer op een aardse planeet met een zeer ijle atmosfeer. Spectroscopische metingen hebben het bestaan van methaangas en misschien methaanijs aangetoond. Men denkt dat de meeste gassen op Pluto uitgekristalliseerd zijn, omdat de atmosfeer waarschijnlijk zeer koud is (40 K). Gezien de zeer lage dichtheid van de planeet ($0,5\text{--}0,9\text{ g/cm}^3$) zal Pluto zelf ook met methaanijs bedekt zijn; een rotsachtige planeet zoals de aardse planeten hebben veel hogere dichtheden (rond de 5 g/cm^3).



De atmosfeer van Uranus en Neptunus

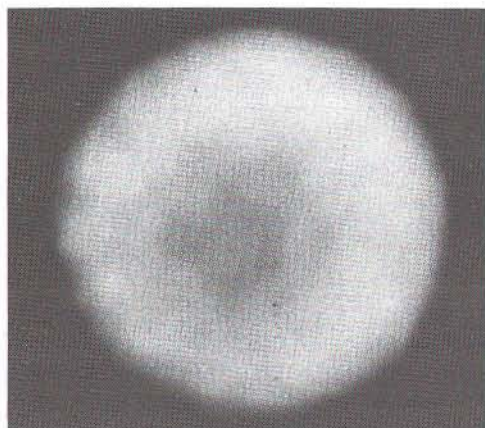
Gewone foto's van Uranus laten een perfect gelijkmatig schijfje zien. Dit betekent natuurlijk niet dat er helemaal geen structuur aanwezig is; er zal ongetwijfeld het een en ander onthuld worden door de Voyager die in 1986 langs Uranus zal vliegen, of met de Space Telescope die in 1986 zal worden gelanceerd. Denk maar eens aan de vele details die de Voyagers op Jupiter en Saturnus waargenomen hebben. Op Neptunus, die een schijnbare grootte van slechts 2,5" heeft, (Uranus is bijna 4" groot) zijn al wel enkele grote structuren waargenomen. Dus inderdaad zullen de atmosferen, althans de wolkenlagen, op beide planeten zeer van elkaar verschillen.

Met behulp van nieuw ontwikkelde uiterst gevoelige detectoren (CCD's) is een aantal op-

merkelijke opnamen van de twee planeten in het infrarood gemaakt. In de absorptieband van methaan blijken beide planeten duidelijk niet-uniform te zijn. Uranus laat een toename in intensiteit naar de randen zien, waarbij de noordpool nog eens extra helder is (zie onder). Dit verschijnsel wordt waarschijnlijk veroorzaakt door een zeer dunne laag kleine deeltjes (bijv. stof of methaankristalletjes) op grote hoogte in Uranus' atmosfeer. Men denkt dat het zonlicht door deze deeltjes verstrooid wordt, voordat het door het eronder liggende methaangas geabsorbeerd kan worden. Omdat de weglengte voor het licht door deze laag deeltjes in het centrum van Uranus het kortst is, heeft dit de grootste kans om door het methaan geabsorbeerd te worden. Vandaar de donkere vlek in het midden. Dat het zoveel helderder is boven de pool, duidt op de aanwezigheid van meer stof of kristalletjes.

Neptunus ziet er weer heel anders uit (zie de foto's links). Er loopt een donkere band over de evenaar. Het zuidelijk halfrond is helderder dan het noordelijk gedeelte; bovendien lijkt er een heldere vlek in het noordelijk halfrond met de planeet mee te roteren.

Andere waarnemingen zijn in het radiogebied gemaakt, tussen 1 en 20 cm. Op deze golflengtes kijken we erg diep in de atmosfeer, door de zichtbare wolkenlagen heen. Hoe diep we precies kunnen kijken hangt af van de hoe-



Dit is een CCD-opname van Uranus bij een golflengte van 890 nm. In het centrum van het beeld wordt het zonlicht dat op de planeet valt geheel geabsorbeerd door het aanwezige methaangas.

veelheid ammoniakgas in de atmosfeer. Dit gas absorbeert een deel van de straling door een resonantie-overgang bij een frequentie van 23 GHz (ofwel bij een golflengte van 1,3 cm). Doordat de druk in deze planeetatmosferafen erg hoog is, is de absorptielijn van dit gas erg breed en wordt zelfs bij 1 GHz (ofwel 30 cm) nog een aanzienlijk deel van de straling door dit gas geabsorbeerd. De diepe lagen van de planeetatmosferafeer stralen thermische of zwart-lichaam straling uit, waarvan een gedeelte door de koelere bovenlagen van de atmosfeer geabsorbeerd wordt. (De temperatuur in de planeten neemt toe naar binnen.) Omdat het ammoniakgas minder straling absorbeert bij lagere frequenties (of langere golflengtes) kunnen we dieper in de atmosfeer kijken.

Door modelberekeningen te vergelijken met de waarnemingen, kan afgeleid worden hoeveel ammoniakgas in de atmosfeer aanwezig is. Voor Jupiter en Saturnus blijkt dat er evenveel ammoniakgas in verhouding tot waterstof op deze planeten voorkomt als op de Zon. Uranus en Neptunus echter blijken allebei veel warmer te zijn dan men verwacht op grond van de berekeningen. Dit houdt in dat er maar heel weinig van dit ammoniakgas aanwezig is; ongeveer een factor 100 minder in verhouding tot waterstof dan op de Zon.

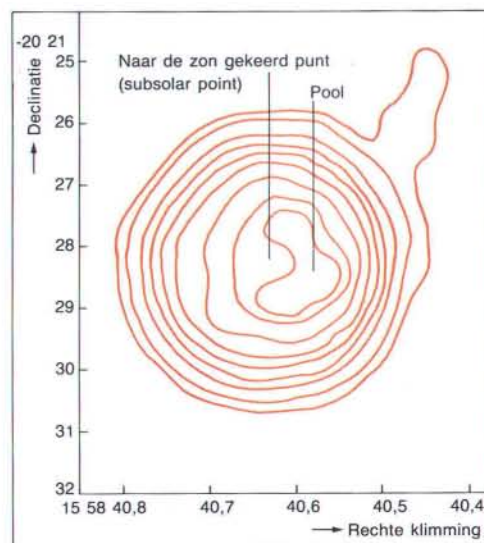
Als men aanneemt dat alle planeten en de Zon uit een grote gaswolk, de oernevel, zijn

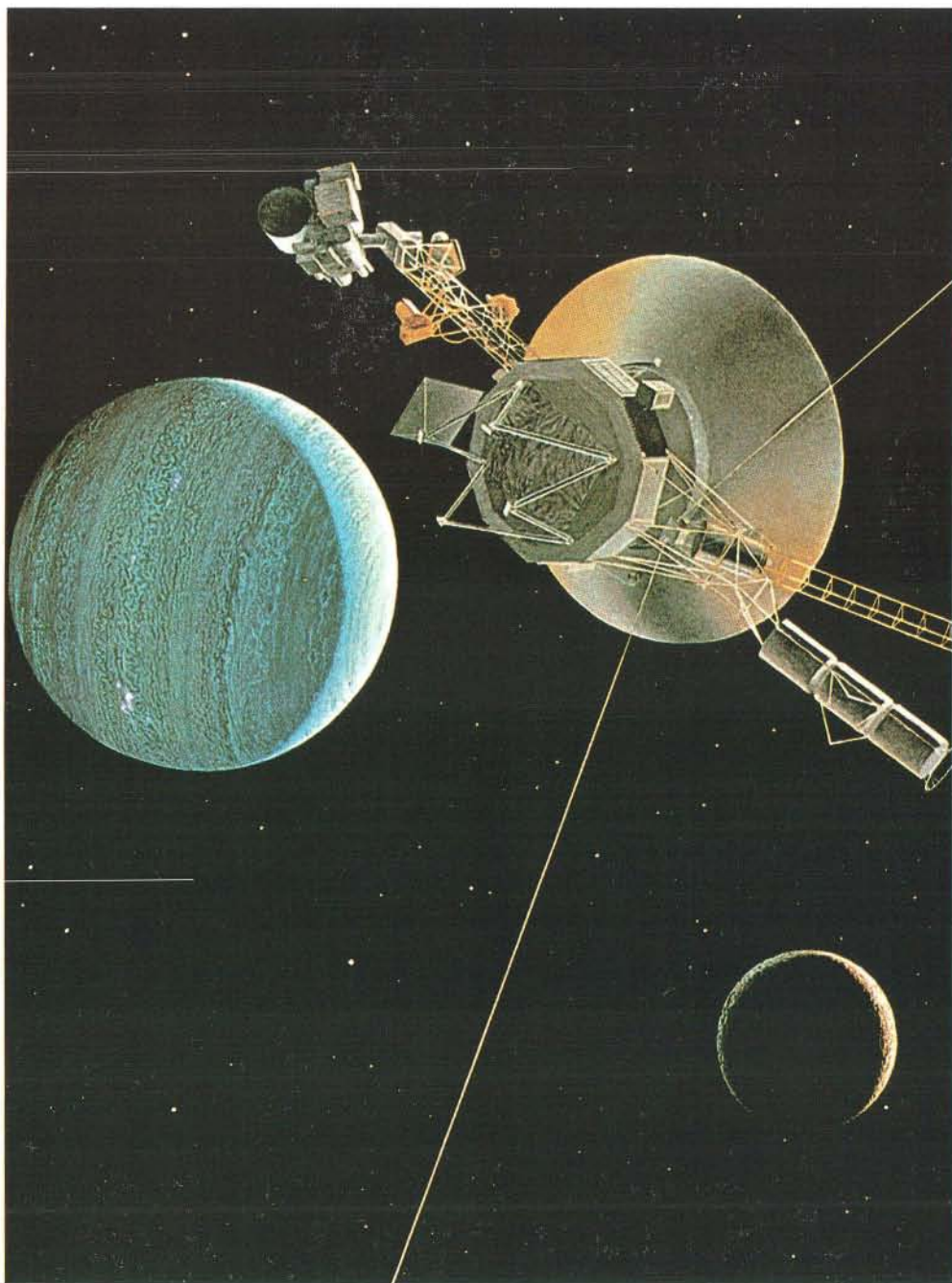
Een misschien nog interessanter verschijnsel is op Uranus gevonden. Deze planeet blijkt over de afgelopen 18 jaar geleidelijk warmer geworden te zijn. In dezelfde tijd is ook de stand ten opzichte van de Aarde veranderd: 18 jaar geleden keken we tegen de evenaar aan, nu is de noordpool bijna recht naar ons toegekeerd. Aangezien dit warmer worden het sterkst tot uiting komt bij langere golflengtes en helemaal niet waargenomen wordt via waarnemingen in het infrarood- en millimetergebied, kan het niet veroorzaakt zijn door een opwarmingseffect door de zon. De enige mogelijkheid is dat het ammoniakgas in nog geringere hoeveelheden boven de pool voorkomt dan boven de rest van de planeet. Op grond van onze recente waarnemingen met de VLA (Very Large Array van radiotelescopen in New Mexico), blijkt de pool inderdaad warmer te zijn dan zijn omgeving (zie fig. 3). Normaal zou men het warmste punt in het midden verwachten, omdat we daar het diepst de atmosfeer in kijken. Dit punt is verschoven naar de pool, wat een zeer sterke aanwijzing is voor de aanwezigheid van minder ammoniakgas daar dan boven de rest van de planeet.

Pluto is te zwak om met de huidige radiotelescopen waargenomen te kunnen worden. Met nieuwe en verbeterde telescopen die in de komende vijf jaar ontwikkeld worden, wordt dit waarschijnlijk wel mogelijk.

Fig. 3. Een contourkaart van de radiostraling van Uranus bij een golflengte van 6 cm. De intensiteit van de straling neemt toe van buiten naar binnen; het maximum valt samen met de noordpool (rechts van het centrum).

ontstaan, zou men verwachten dat alle planeten wat hun samenstelling betreft enigszins op de Zon lijken. Alleen gassen die gemakkelijk aan het zwaartekrachtveld van een planeet kunnen ontsnappen, zouden op die planeet veel zeldzamer zijn. Aangezien ammoniakgas zwaarder is dan waterstof is dit dus vreemd. Men probeert nu uit te zoeken of het mogelijk is dat dit gas wel degelijk aanwezig is, maar in diepere lagen van de atmosfeer chemische verbindingen met andere moleculen (bijv. water en zwavel) aangaat, waardoor het op grotere hoogte niet of bijna niet (meer) voorkomt.





Het Voyager 2 ruimtevaartuig, dat schitterende opnamen maakte van Jupiter en Saturnus, is nu op weg naar Uranus. In januari 1986 zal de Voyager 2 deze planeet in detail kunnen bestuderen, waarna het volgende reisdoel Neptunus is. Op de foto een artist impression van Neptu-

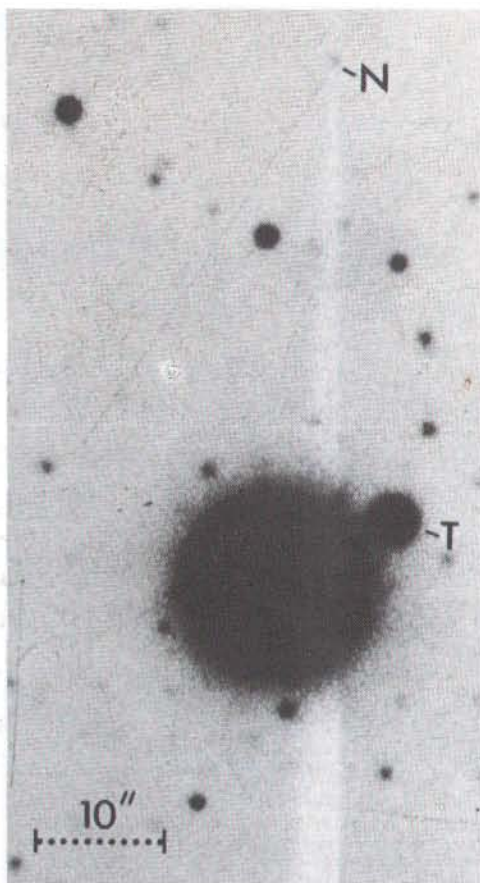
nus en Triton. In augustus 1989 komt het daar aan, zodat we dan meer weten over de (op één na) buitenste planeet van ons zonnestelsel. De beelden van Neptunus die de Voyager 2 naar de aarde zal zenden doen er dan ruim 4 uur over om ons te bereiken.

Hebben deze planeten ook een magneetveld?

Tot nu toe is er niets bekend over het al dan niet aanwezig zijn van een magneetveld rond een of meer van deze planeten. Jupiter, Saturnus en de Aarde hebben alle een magneetveld als dat van een staafmagneet (dipoolveld). Geladen deeltjes in zo'n magneetveld bewegen zich langs de veldlijnen en kunnen deze lijnen eigenlijk niet kruisen; ze zijn dus als het ware gevangen door het magneetveld en zullen daar altijd blijven, tenzij het veld plotseling veranderd (bijv. door een sterke vlaag in de zonnewind, veroorzaakt door een zonnevlam) en een deel van de deeltjes de atmosfeer in stroomt. Dit laatste kan bijv. aanleiding geven tot een aurora, het bekende noorderlicht in onze atmosfeer. Als Uranus een magneetveld bezit waarvan de as ongeveer met de rotatie-as zou samenvallen net als bij Jupiter, Saturnus en de Aarde, dan hebben we met een zeer interessante geometrie te maken, aangezien deze as bijna in het ecliptica-vlak ligt. In 1986 als de Voyager daar aankomt, is de pool van de planeet precies naar de Zon toe gekeerd; de zonnewind zal dus precies op de poolkap blazen. We verwachten dan dat een aanzienlijke hoeveelheid geladen zonnewindeeltjes door Uranus' magneetveld 'gevangen' wordt en langs de veldlijnen de atmosfeer binnen stroomt. Verder zal er zich daar een sterke ionosfeer ontwikkelen met een hoge elektronendichtheid, omdat de planeet daar door de Zon wordt beschoten (vergelijk de dag- en nachtverschillen in onze eigen aardse ionosfeer). De zuidpool, die voortdurend in het donker is, zal zo goed als geen ionosfeer hebben.

Zoals in een eerder artikel over Jupiters radiostraling uitvoerig is uitgelegd (zie *Natuur en Techniek*, 1982, 10, pag. 940), stralen hoog-energetische elektronen in deze planetaire magneetvelden straling uit: de zgn. synchrotronstraling. Deze kan met radiotelescopie op golflengtes rond de 10-20 cm vrij gemakkelijk gedetecteerd worden en heeft in de jaren vijftig en zestig het bestaan van een magneetveld rond Jupiter aangetoond.

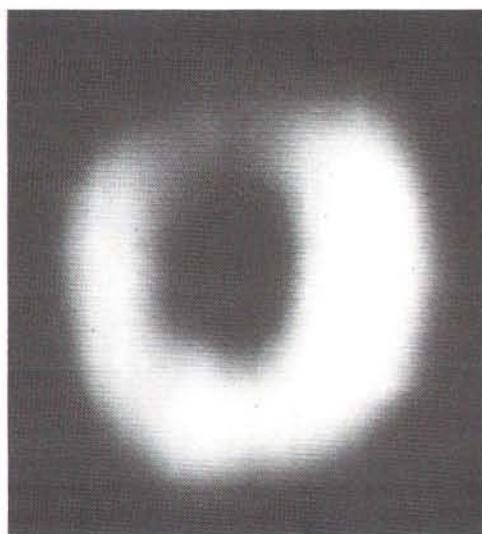
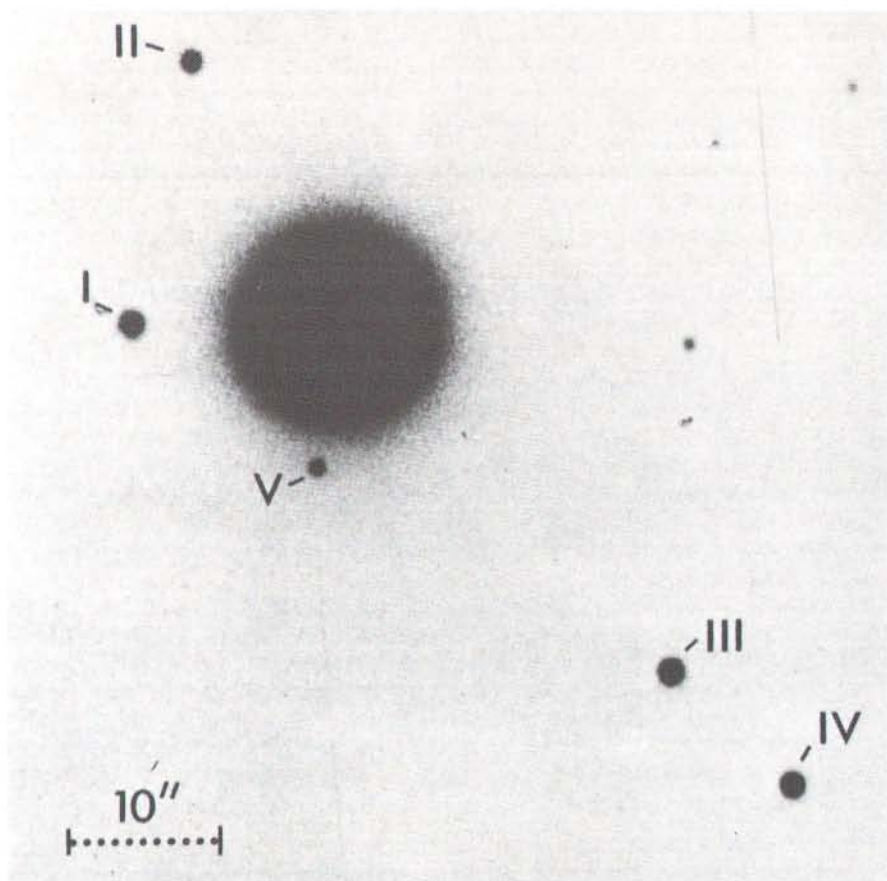
Onze waarnemingen van Uranus en Neptunus met de VLA op een golflengte van 20 cm laten niets zien. Echter, ook op Saturnus werd deze straling niet gevonden. Dit is te verklaren doordat de meeste hoog-energetische deeltjes door Saturnus' ringen geabsorbeerd worden.



Boven: Een van de opnames uit een lange reeks van Neptunus met zijn satellieten Triton en Nereïde, gemaakt op de Europese zuidelijke sterrenwacht (ESO) in het Andesgebergte. Alleen door zeer regelmatig foto's te maken kunnen de baangegevens van de satellieten en de verstoringen die ze op elkaar uitoefenen afgeleid worden. Ook de massa van de planeet is op deze manier te bepalen.

Rechtsboven: Uranus met zijn vijf manen; in vergelijking met de foto op de openingspagina is Ariël (nr. V) wel te zien. De bewegingen van vijf manen rond een planeet is zeer ingewikkeld en er zijn dan ook vele opnames als deze nodig om de baanelementen van iedere maan afzonderlijk goed te kunnen berekenen.

Rechts: De eerste afbeelding van de ringen van Uranus; de planeet zelf is niet zichtbaar. Deze 'foto' is indirect verkregen door twee opnamen bij verschillende golflengtes in het infrarood (één waarop de planeet helderder is dan de ringen en één waarop hij zwakker is) van elkaar af te trekken. De ringen zijn in werkelijkheid zeer nauw; de breedte van de hier afgebeelde band correspondeert met de helderheid van de ringen.



Hetzelfde kan natuurlijk ook bij Uranus of Neptunus gebeuren (Uranus heeft ook ringen; van Neptunus is dit niet bekend). Verder zullen hun magnetevelden misschien zwakker zijn en minder geladen deeltjes bevatten dan bijvoorbeeld dat van Jupiter, zodat detectie veel moeilijker is. Kortom, het niet-waarnemen van synchrotronstraling is nog geen bewijs voor het afwezig zijn van een magnetveld.

Het bestaan van een magnetveld van Uranus is echter onlangs gesuggereerd op grond van een geheel andere waarneming. Diverse astronomen hebben enorm sterke en variabele Lyman alfa-emissie waargenomen. Deze straling wordt toegeschreven aan een aurora op Uranus. Geladen zonnewinddeeltjes zouden langs de veldlijnen Uranus' poolkap binnenkomen en het daar aanwezige waterstof 'aanslaan' waardoor Lyman alfa-emissie ontstaat.

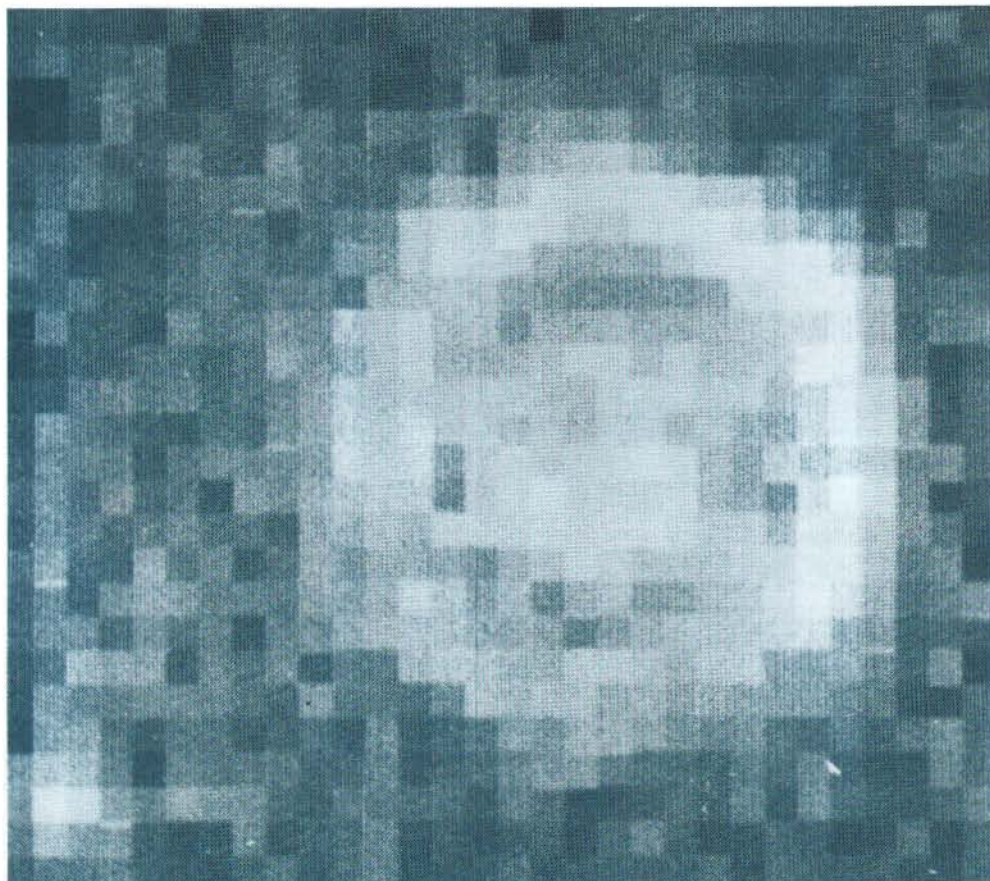
Satellieten en ringen

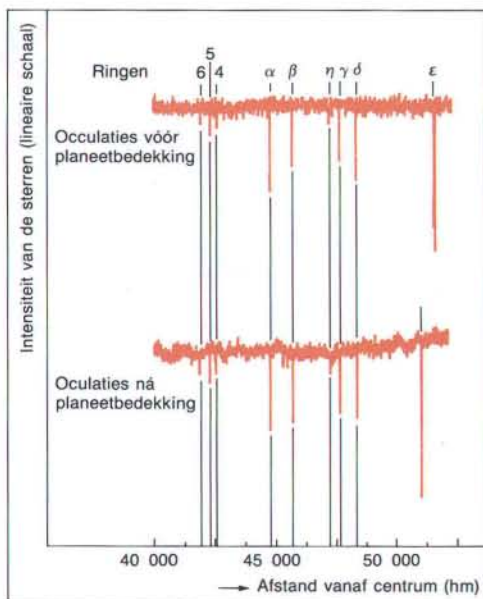
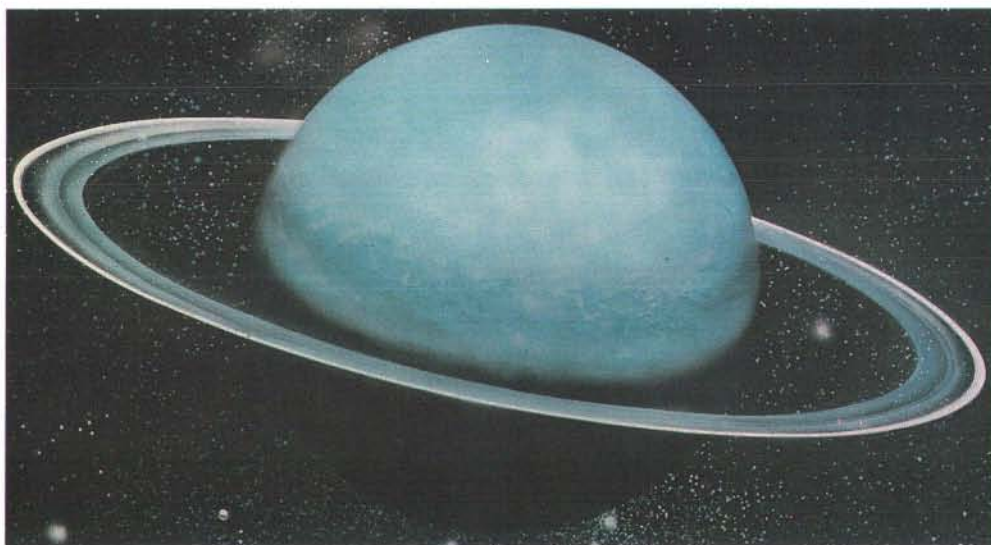
Men heeft van Uranus tot nu toe vijf maantjes ontdekt. Doordat ze zo lichtzwak zijn en dichtbij de relatief heldere Uranus staan, is het erg moeilijk ze in detail te bestuderen. Uit infrarood waarnemingen blijkt dat ze sterk op Ganymedes lijken, een van de vier grote manen van Jupiter (zie *Natuur en Techniek*, 1982, 6, pag. 438). Deze metingen lieten zien dat de maantjes bedekt zijn met een laag ijs. Ze zijn van 300 tot 1000 km groot en hebben dichtheden van ongeveer 1,3 g/cm³.

In 1977 werd met behulp van een ster-occulatie experiment het ringensysteem rond Uranus ontdekt. Hierbij werd een ster geobserveerd, die geocculteerd (bedekt) zou worden door Uranus, met de bedoeling om de afmeting van deze planeet beter te kunnen bereke-

nen. Tot ieders verbazing bleek de ster vijf maal te verdwijnen alvorens Uranus zelf haar bedekte. Toen zij achter de planeet te voorschijn kwam, gebeurde hetzelfde. Dit werd toegeschreven aan vijf ringen rond Uranus, ieder slechts enkele kilometer breed. Nu zijn er reeds negen ringen bekend, die alle tussen de 1,60 en 1,95 planeetstralen van Uranus' centrum afliggen. Dit zijn de ringen 6, 5, 4, α , β , η , γ , δ en ϵ (zie fig. 4).

Verbazingwekkend is dat de ringen zo smal zijn en zulke scherpe randen hebben. Drie van de ringen zijn zuiver cirkelvormig; de overige zes zijn sterk elliptisch. Van deze laatste ringen varieert de breedte ook sterk. De ϵ -ring bijvoorbeeld, die het breedst is, varieert van 20 tot 100 km, al naar gelang zijn afstand. Verder zijn de ringen zeer donker, zodat er geen water, ammonia of methaanijs kan zijn. Dit is





Links en geheel boven: De eerste directe opname van de ringen van Uranus (links) werd bij een infrarood golflengte van $2,2 \mu\text{m}$ gemaakt. In het centrum is de planeet zichtbaar met eromheen, gescheiden door een donkere band, het ringenstelsel. Op de foto boven een artist impression van Uranus en zijn ringen.

Boven: Fig. 4. De ringen van Uranus werden ontdekt tijdens een sterbedekking door deze planeet. Vlak voor de eigenlijke sterbedekking verminderde het sterlicht; erna gebeurde hetzelfde. De waarnemingen zijn verricht vanuit een vliegtuig, het Kuiper Airborne Observatory.

ongewoon omdat die op bijna alle satellieten van de buitenplaneten wel voorkomen. De α -ring blijkt dubbel te zijn. De η - en δ -ringen zijn breed, bestaan uit diffuus materiaal en grenzen aan een smalle hoofdring.

Vermoedelijk zullen de Voyager-opnames (in 1986) van dit ringenstelsel nog veel meer details geven en, waarschijnlijk net als indertijd bij Saturnus, theorieën over deze ringen alleen nog maar duisterder maken dan ze nu al zijn. Omdat de ringen zo smal en dichtbij Uranus staan, konden ze niet eerder dan in 1982 gefotografeerd worden. In 1978 had men een 'foto' verkregen door een foto gemaakt bij een golflengte van $1,6 \mu\text{m}$ af te trekken van een bij $2,2 \mu\text{m}$. Op de eerste foto was de planeet erg helder, in tegenstelling tot de andere, die een beeld geeft van de absorptie door methaan. Het verschil van de plaatjes leverde een foto van de ringen op.

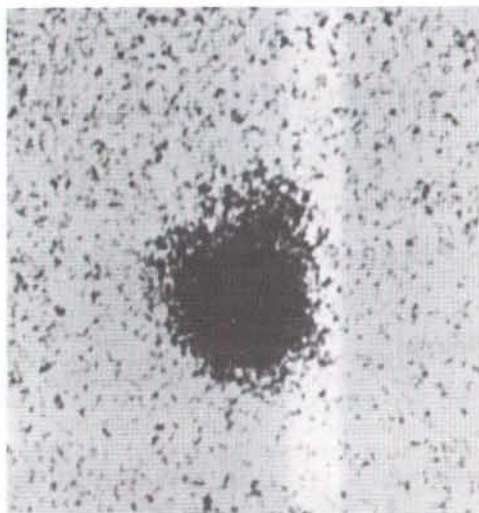
De foto links is echter de eerste rechtstreekse foto van Uranus (in het midden) en de ringen er omheen, gescheiden door de donkere band. De maan Miranda is linksomheen te zien. Dit plaatje, gemaakt door David Allen met de Anglo-Australische telescoop (AAT) is ook bij een golflengte van $2,2 \mu\text{m}$ gemaakt, om het licht van Uranus zelf zoveel mogelijk te temperen. Het is interessant deze ringen op dit moment te bekijken nu wij steeds meer loodrecht tegen het ringenvlak aankijken.

TABEL 3. Satellieten van Uranus, Neptunus en Pluto

	Satelliet	Ontdekker/ Jaar van ontdekking	Gemiddelde afstand tot planeet (km)	Helling baanvlak (graden)	Baan- excen- triteit	Straal (km)	Omwente- lingstijd (dagen)	Massa (onzeker) (planeet = 1)
Uranus	Miranda	G. Kuiper 1948	130 000	3,4	0,00	150	1,41	2×10^{-6}
	Ariel	W. Lassell 1851	192 000	0	0,003	400	2,52	30×10^{-6}
	Umbriel	W. Lassell 1851	267 000	0	0,004	275	4,14	9×10^{-6}
	Titania	W. Herschel 1787	438 000	0	0,002	500	8,71	50×10^{-6}
	Oberon	W. Herschel 1787	586 000	0	0,001	450	13,46	40×10^{-6}
Neptunus	Triton	W. Lassell 1846	355 000	160	0,00	1600	5,88	0,0013
	Nereïde	G. Kuiper 1949	5 510 000	28	0,75	150	360	?
Pluto	Charon	J. Christy 1978	20 000			550- 1000	6,34	0,125

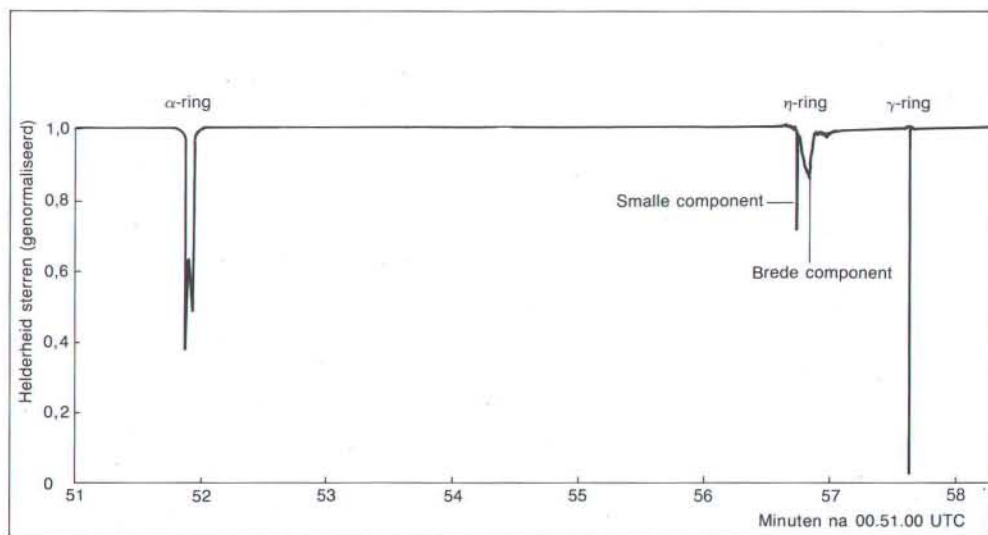
Van Neptunus zijn tot nu toe twee manen bekend, waaronder Triton. Deze maan, met een diameter van ongeveer 5000 km, is bijna zo groot als Ganymedes. Op Triton is methaan gevonden, wat duidt op de mogelijke aanwezigheid van een atmosfeer. Dit zou dan na Titan (een van Saturnus' manen, zie Natuur en Techniek, 1983, 2, pag. 76) de tweede maan in ons zonnestelsel zijn met een eigen atmosfeer. Neptunus' andere maan, Nereïde, is erg klein (300 km in doorsnee) en werd dan ook pas in 1949 ontdekt. Triton cirkelt rond Neptunus in een richting die tegengesteld is aan die waarin de planeet zelf roteert (retrograde beweging), met een periode van ongeveer zes dagen. Nereïde's beweging is met de planeet mee, maar haar baan is zeer elliptisch. De grootste afstand tussen Nereïde en Neptunus is vijf maal groter dan de kleinste afstand (zie tabel 3).

Of Neptunus ook een ringenstelsel heeft, is niet duidelijk. Tijdens een ster-occultatie-experiment verdween de ster even, vlak voor zij achter Neptunus verdween; dit was echter niet het geval toen de ster weer tevoorschijn kwam. Of de ster de ring miste, wat goed mogelijk kan zijn door de geometrie, of dat de eerste waarneming niet goed was, is niet duidelijk. Het wachten is dus op een volgend experiment. Anders zullen we moeten wachten tot de Voyager bij deze planeet komt, wat pas in 1989 zal zijn, als alles goed gaat.



Boven: Een van de beste foto's (sterk vergroot) van Pluto die in juli 1978 gemaakt zijn. De oorspronkelijke opname werd gemaakt op de Lowell sterrenwacht te Flagstaff, Arizona, en verder bewerkt op het U.S. Naval Observatory. Op deze bewerkte foto werd Pluto's maan Charon ontdekt, als een uitstulping aan de noordkant van het beeld.

Rechtsboven: Fig. 5. Drie gedetailleerde registraties van ringen van Uranus. De η -ring bestaat uit twee componenten: een brede en een smalle. Ook de α -ring is dubbel. Niet alle ringen blokkeren evenveel sterlicht. De η -ring bijvoorbeeld laat een fractie 0,8 van het sterlicht ongehinderd doorgaan, terwijl de γ -ring vrijwel al het sterlicht blokkeert. Dit duidt op een verschillende structuur van de ringen.



In 1978 werd de satelliet Charon bij Pluto ontdekt. De naam is gekozen op grond van de Griekse mythe waarin Charon de veerman bij de dodenrivier de Styx is; Pluto is de god van de onderwereld. Charon cirkelt rondom Pluto op een afstand van 20 000 km. Charon is slechts 8 maal lichter dan Pluto, is half zo groot als Pluto en heeft dezelfde dichtheid. Het lijkt daarom meer op een dubbelplaneet-systeem, dan een planeet-maan systeem. De maan draait in 6,4 dagen rondom Pluto, dezelfde tijd die Pluto nodig heeft om een omwenteling rond zijn eigen as te volbrengen. Dit betekent dat Charon niet beweegt voor iemand die op Pluto zou staan. De massa's van Pluto en Charon zijn bepaald uit hun relatieve baanbewegingen wat door de grote afstand tot de aarde niet eenvoudig was.

Besluit

Ondanks het feit dat waarnemingen van Uranus, Neptunus en Pluto erg moeilijk zijn, is er toch al heel wat over deze planeten bekend. Met de ontwikkeling van gevoelige detectoren en met de Space Telescope hopen we in de volgende jaren nog heel wat te weten te komen. Onderwerp van studie zullen vooral hun atmosfeer, satellieten en ringen zijn. Vooral de vraag of ook Neptunus een ringensysteem heeft is intrigerend, nu bekend is dat de drie andere Jupiter planeten zo'n systeem hebben. Ondertussen kijken we met spanning uit naar het moment dat de Voyager Uranus in 1986 zal passeren en Neptunus drie jaar later. De kleine Pluto is een unieke planeet maar zal voorlopig de minst goed bestudeerde blijven.

Literatuur

- Hunt, Gary, (1982). *Uranus and the outer Planets*. Cambridge University Press, London.
 Whyte, A.J., (1980). *The planet Pluto*. Pergamon Press, Oxford.
 Pater, Imke de, (1982). *Jupiter. De reus van het zonnestelsel*. Natuur en Techniek 50, 6, pag. 438.
 Pater, Imke de, (1982). *Radiostraling van Jupiter*. Natuur en Techniek 50, 10, pag. 740.
 Dickel, J.R., Pater, Imke de, (1983). *Saturnus. In de ban van de ringen*. Natuur en Techniek 51, 2, pag. 76.

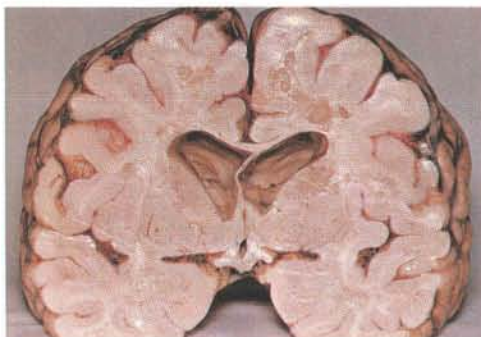
Bronvermelding illustraties

- Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, Ca./Chr. Titulaer, Houten: pag. 504.
 Landessternwarte Heidelberg-Königsstuhl: pag. 508 links.

- O. Namba, Sterrekundig Instituut, Utrecht: pag. 508 rechts.
 C.W. Tombaugh, Lowell Observatory: pag. 509.
 B.A. Smith en H.J. Reitsema, University of Arizona: pag. 510-511, 511.
 I. de Pater, J.R. Dickel, VLA: pag. 512.
 NASA/O. Namba, Utrecht: pag. 513.
 ESO, Garching: pag. 514, 515 boven.
 P.D. Nicholson et al., (1978). *Astronomical Journal* 83, p. 1240: pag. 515 onder.
 D. Allan, Anglo-Australian Telescope: pag. 516.
 NASA/Chr. Titulaer, Houten: pag. 517 boven.
 J.L. Elliot, M.I.T.: pag. 517 onder, 519.
 J.W. Christy, M.R. Harrington, U.S. Naval Observatory: pag. 518.

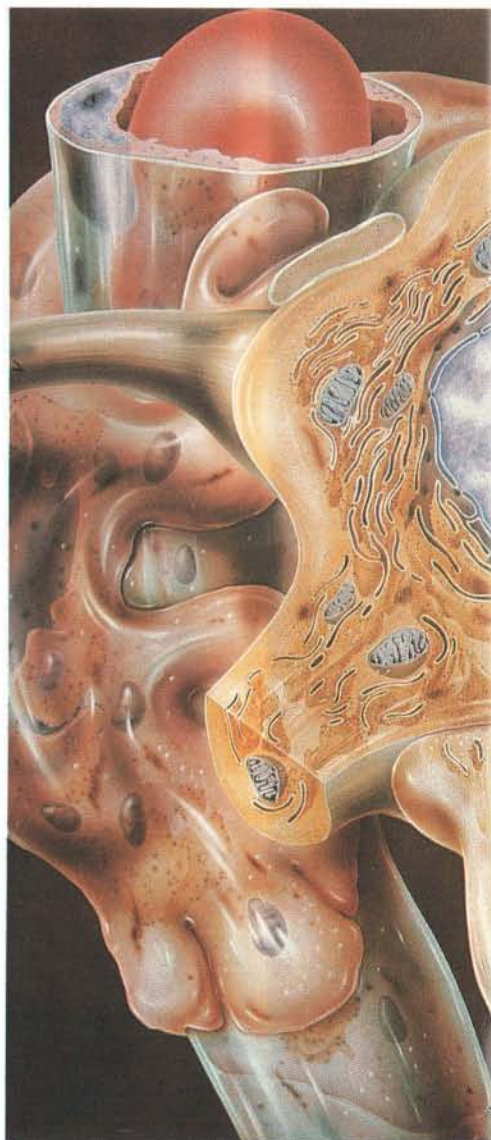
MULTIPLE

Geleidingsproblemen



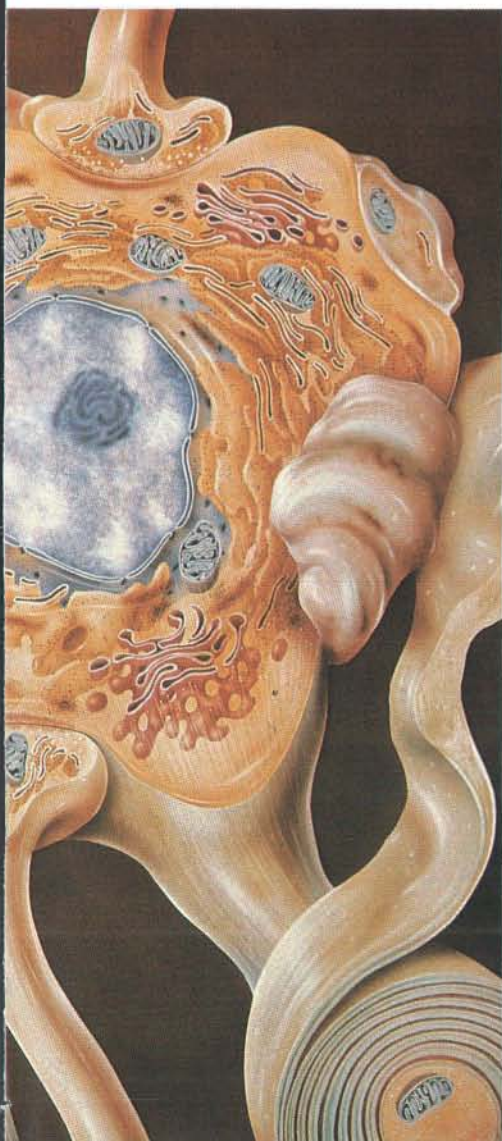
Boven: Een dwarsdoorsnede door de hersenen. De vlinderstructuur is een holle ruimte (ventrikel) waarin zich het hersen- en ruggemergvocht (liquor cerebrospinalis) bevindt. De grijze stof met de zenuwcellen ligt aan het kronkelend oppervlak (schors, cortex) van de hersenen. De witte stof is aan de kleur te herkennen. In de witte stof bevinden zich grote littekens (lichtbruin), welke plaques zijn, zoals bij Multiple Sclerose wordt aangetroffen.

Rechts: Op de wand van de zenuwcel eindigen de uitlopers van andere zenuwcellen. Deze kunnen de zenuwcel activeren tot het zenden van een elektrische impuls langs het axon (rechtsonder). Rondom het axon is spiraalsgewijs de myelineschede gewikkeld, die de impulsgeleiding enorm kan versnellen.



SCLEROSE

in zenuwvezels



Multiple Sclerose is een chronische ziekte van het centraal zenuwstelsel. Bij Multiple Sclerose (MS) wordt de myelineschede rondom de zenuwcel aangetast, waardoor de geleiding van zenuwprikkels veel langzamer gaat. De gevolgen hiervan zijn onder andere coördinatiestoornissen (lopen), slechter zien of moeilijkheden bij het urineren.

Men is op zoek naar methoden om MS te genezen, of om althans de ziekteverschijnselen (symptomen) te voorkomen, maar tot nu toe zijn pas enkele daarvan met medicamenten of chirurgisch ingrijpen goed te ondervangen. Doordat de ziekte zich jaren voortsleept, vormt hij niet alleen een geneeskundig maar ook een sociaal probleem, omdat bij de behandeling en de verzorging van de ca. 17 500 MS-patiënten in België en Nederland zoveel anderen betrokken zijn.

H.K. van Walbeek

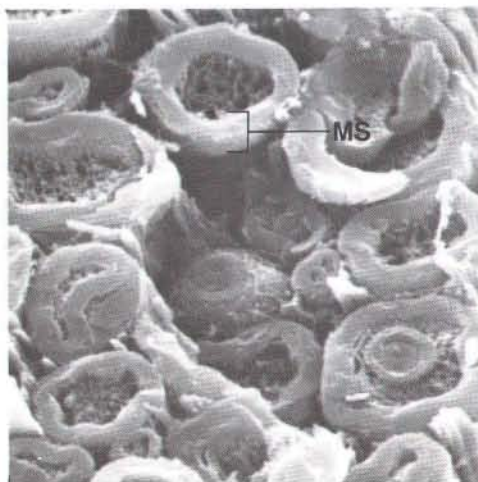
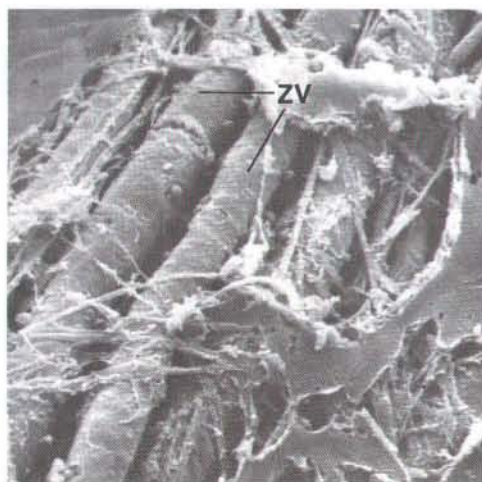
*Alexander van der Leeuwkliniek
Amsterdam*

Rechts: De Franse neurologen Cruveilhier en Charcot (en ook Vulpain) hebben een grote bijdrage geleverd aan het herkennen en beschrijven van Multiple Sclerose. In Frankrijk is hun naam nog steeds verbonden aan deze ziekte, die daar behalve 'sclérose en plaques' ook wel de ziekte van Charcot, Vulpain en Cruveilhier wordt genoemd.



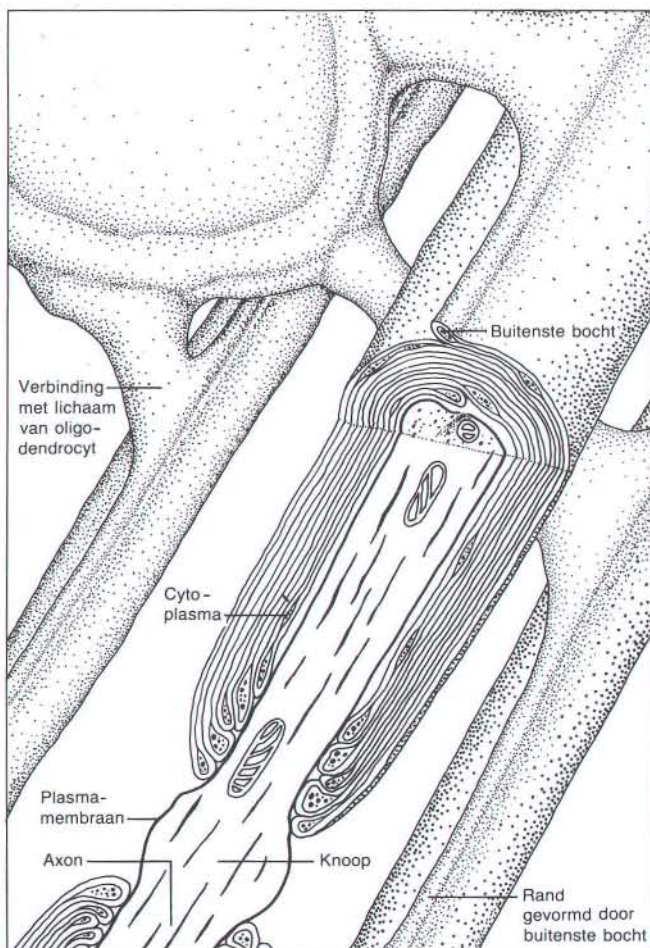
De ziekte Multiple Sclerose (MS) is nu ruim 100 jaar als ziekte bekend en is uitvoerig in de 19e eeuw beschreven door de grote Franse neurologen, Charcot, Vulpain en Cruveilhier. Zij wisten al op nauwkeurige wijze aan te geven dat bij MS sprake is van een aandoening van de witte stof van het centraal zenuwstelsel. Deze aandoening is niet over het gehele stelsel verspreid, maar uit zich in kleine, nauwkeurig gelokaliseerde afwijkingen ('plaques'). Deze plaques hebben een enigszins verharde, verkalkte structuur, vandaar de nog steeds in Frankrijk voor deze ziekte gebruikte benaming 'sclérose en plaques'. De pathologisch-anatomische afwijkingen zijn dus al geruime tijd bekend. Ook de klinische verschijnselen zijn reeds door de 19e eeuwse neurologen zo goed beschreven, dat veel criteria van toen ook voor de diagnose van nu gebruikt worden. Ontwik-

kelingen op het gebied van onderzoek over MS gedurende de laatste decennia geven een nieuw inzicht in de afwijkingen die bij MS kunnen worden vastgesteld en geven tevens aanwijzingen in welke richting de ziekteoorzaak gezocht moet worden. De belangrijkste ontwikkelingen lijken te liggen op immunologisch terrein, omdat bij MS zeer frequent humorale en cellulaire immunologische stoornissen kunnen worden aangetoond. Ten dele zijn deze afwijkingen ook van diagnostisch belang. Tevens van diagnostisch belang zijn de sterk verfijnde neurofysiologische ('evoked potentials') en neuro-röntgenologische (CT-scan) technieken, waardoor ook het inzicht in het ziekteproces is vergroot. In dit artikel worden de bevindingen beschreven, voorafgegaan door de beschrijving van de klinische en anatomische verschijnselen.



Rechts: Fig.1. De oligodendrocyt met zijn uitlopers heeft de myelinschede gevormd. Iedere uitloper vormt een klein stukje myeline. De myeline ligt om het axon gerold. Tussen twee myelinschedes ligt het membraan van het axon bloot ten opzichte van de extracellulaire ruimte. Bij MS wordt de myelinschede aangetast, waardoor de prikkelgeleiding in het axon tot 100 maal toe langzamer kan verlopen.

Linksonder: Op de linker foto zijn zenuwvezels (ZV) omgeven door de myelinschede. Rechts is de myelinschede (MS) 'gebroken' in een vriespreparaat en te zien als ronde structuren die de axonen omgeven.



Multiple Sclerose als ziekte

MS is een ziekte van witte stof en wel in het bijzonder van de myelinschede. Deze myelinschede zit rondom een uitloper (axon) van een zenuwcel. Een specifieke celsoort, de zgn. *oligodendrocyt* (= cel met weinig uitlopers), zorgt voor de opbouw van deze myelinschede. De oligodendrocyt kan van zijn celwand grote uitlopers vormen, die zich om het axon heen wikkelen. Op deze manier komen rondom een axon talloze kleine eenheden myeline, (zie fig. 1). Meerdere stukjes myelinschede kunnen ook door één oligodendrocyt rondom verscheidene axonen gemaakt worden. Tussen deze stukjes myeline ligt de axon als het ware bloot; hier bevindt zich de knoop van Ranvier.

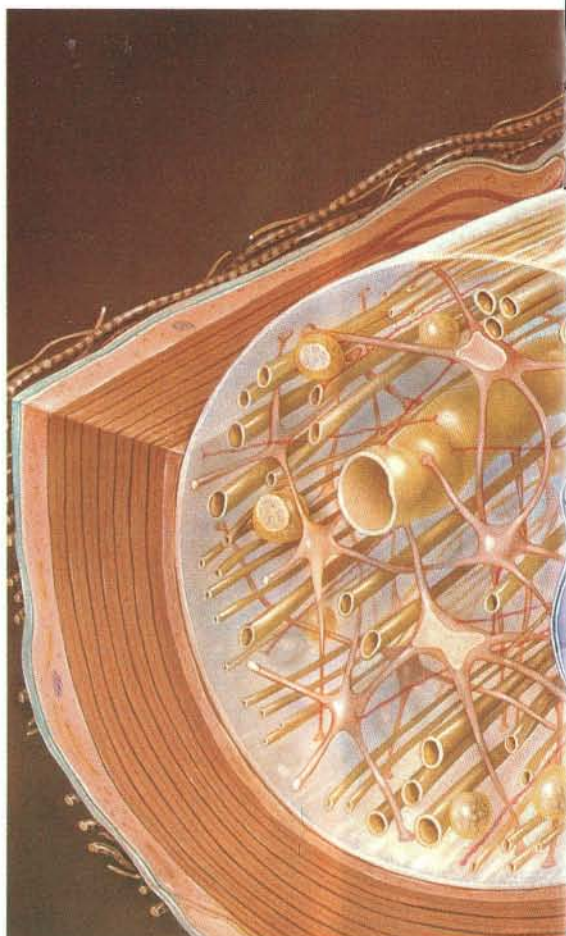
Het gehele proces van myelinisatie neemt jaren in beslag. Bij de mens is dat proces pas omstreeks het twintigste levensjaar voltooid.

De functie van het myeline wordt vaak vergeleken met de isolatie om een stroomdraad. Een veel belangrijkere functie is echter de toename van de impulsnelheid door het axon. Een zenuwcel met myelinschede is in staat de impuls veel sneller te geleiden dan één zonder; een honderdvoudige toename is geen uitzondering. Dit betekent dat bij een aandoening van het myeline, bijv. wanneer deze stof geheel of gedeeltelijk vernietigd wordt zoals bij MS, in een axon een vertraagde of zelfs helemaal geen geleiding van een zenuwimpuls optreedt. Gebeurt dit op grote schaal dan geeft dit aanleiding tot ziekteverschijnselen.

Voor een beter begrip van deze verschijnselen bij MS is een uiteenzetting van de microscopische, pathologische-anatomische bevindingen van belang. Het demyelinisatieproces vindt niet over het gehele stelsel plaats, maar op meerdere (*multiple*), begrensde plaatsen (*plaques*). Deze kunnen sterk in aantal variëren, van slechts enkele tot honderden. Soms zijn deze plaques groot, enkele centimeters in doorsnee, maar soms ook microscopisch klein. De vorm van een plaque is het best te omschrijven als een langgerekte worst, waarbij soms een paar worsten in elkaar overlopen. Een plaque is dus geen ronde bol, wat men zou kunnen denken als de plaque dwars doorgesneden wordt. Bij nauwkeurige microscopische bestudering van opeenvolgende coupes blijkt bovendien dat in het centrum van de plaque vaak een kleine ader (*venule*) aanwezig is.

Op de lokalisatie van een plaque rondom deze venule is één van de theorieën over de oorzaak van MS gebaseerd, namelijk de primair vasculaire theorie. Men veronderstelt dat een afgesloten venule aanleiding zou kunnen zijn tot het ontstaan van een plaque. De oorzaak van deze afsluiting zou dan een trombocytenklontering of een vetstolsel moeten zijn. Hoewel deze vasculaire theorie een aantal fenomenen wel kan verklaren, zijn met name de immunologische stoornissen die bij MS aan te tonen zijn in tegenspraak met deze theorie. De meeste onderzoekers op het gebied van MS steunen deze theorie dan ook niet meer.

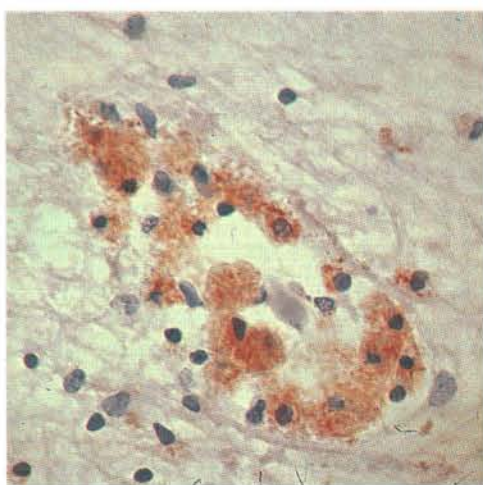
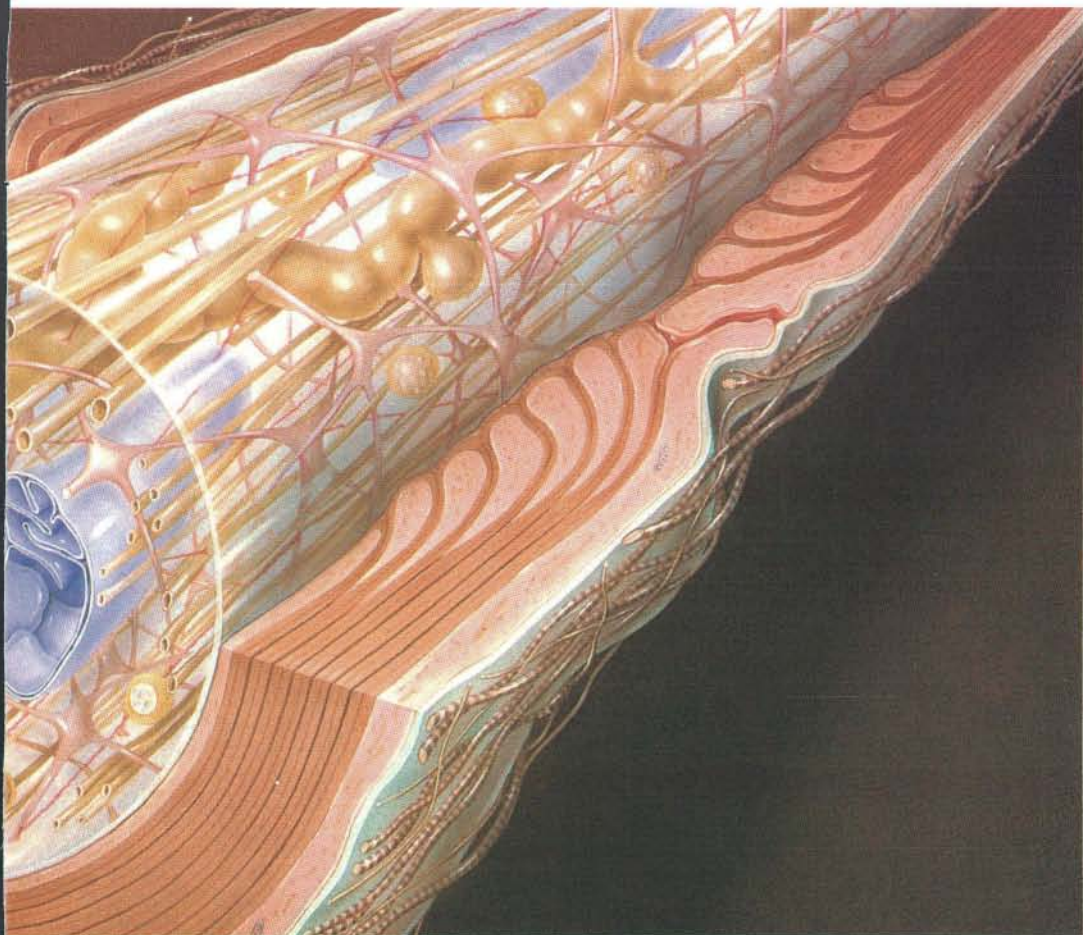
In het gebied rondom de venule van een plaque treedt dus demyelinisatie op. Op grond van elektronenmicroscopische en perfusie-studies weten wij dat de zgn. centrale venule in een plaque verhoogd doorlaatbaar is voor plasma-eiwitten. Ook in de acute fase, bij het ontstaan van de plaque, treedt er een verhoogde doorlaatbaarheid op van de binnenwand van de venule, hetgeen aangetoond is met computertomografie scanning (CT-scan). Rondom de venule zullen verder ook cellen uit de witte bloedreeks (lymfocyten, monocyt, macrofagen en plasmacellen) infiltreren. Men veronderstelt dat een recent ontstane, verse plaque herkent kan worden aan zo'n celfiltraat, terwijl een oude, zgn. inactieve of uitgedoofde, plaque minder of nauwelijks deze cellen bevat. Tevens kunnen in de plaque immunoglobulines worden aangetroffen: bij bestudering lijkt het alsof de hoeveelheid af-



Boven: Het axon is omgeven door de myelinschede; duidelijk is de gelamelleerde structuur van de myelinschede waar te nemen. Deze schede ligt nauw aangesloten aan het axon, waarin ook vele structuren, onder andere tubuli (kleine structuren) te herkennen zijn. In het axon vindt transport van stoffen plaats van het cellichaam naar de plaats van prikkeloverdracht.

Rechts: Een microscopisch preparaat van een plaque met een centrale venule. De demyelinisatie is duidelijk rondom het bloedvat (vergr. 11x).

Geheel rechts: In de plaque is onder andere het celfiltraat met macrofagen die myelinebrokstukken opgenomen hebben te zien (vergr. 125x).



neemt, naarmate de afstand tot de centrale venele groter is. Zelfs in het normale weefsel, dat zich rondom de plaque bevindt worden deze immuunglobulines aangetroffen. Tevens is aangetoond dat in dit normale weefsel rondom de plaques ook lymfocyten, voornamelijk T-cellen, kunnen worden gevonden. De cellen in de plaque zelf zijn niet alleen T-(helper)cellen, maar ook macrofagen ('gitter cells'). Op grond van de waarnemingen is het niet mogelijk om uit te maken of, en zo ja, welk aandeel deze celinfiltraten en de verdeling van immuunglobuline hebben in het proces.

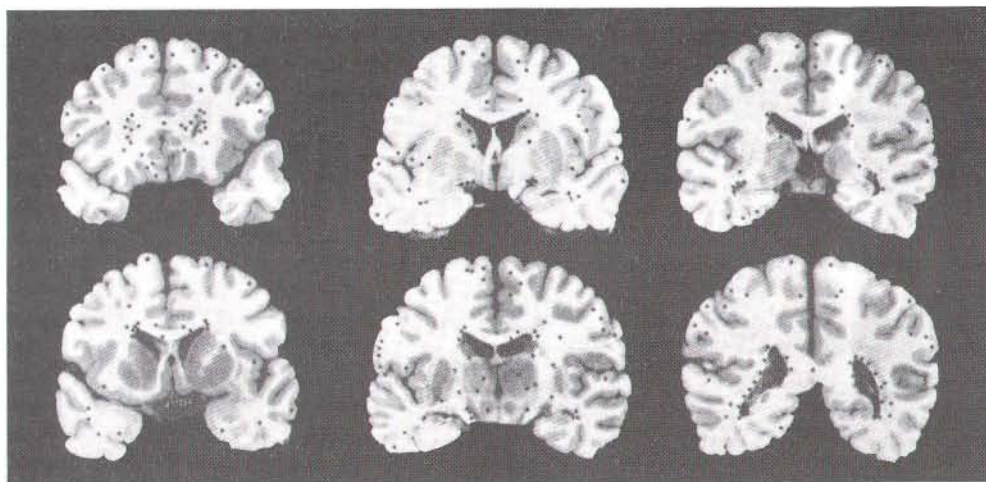
Bij een verder voortgeschreden demyelinisatie treedt ook een aantasting van de axonen zelf op; dit betekent dat de functie ervan onherstelbaar beschadigd wordt. Tevens ontstaat er in zo'n plaque littekenvorming, omdat er reactie optreedt van een specifieke celsoort in het centrale zenuwstelsel: de *astrocyten*. Dit proces wordt ook wel astrogliose genoemd en is verantwoordelijk voor de wat hardere, vorm van een oude plaque.

Een plaque kan in principe overal voorkomen, maar er zijn 'voorkeursplaatsen'. Met name de oogzenuw, het gebied rond de grote hersenkamers (ventrikels), de hersenstam, de kleine hersenen en het ruggemerg worden vaak aangetast. Verder is er een merkwaardige, niet verklaarde voorkeur voor een symmetrisch optreden, waarbij als het ware een plaque in de linker hersenhelft een spiegelbeeld heeft als plaque in de rechter hersenhelft.

HLA complex, erfelijkheid

Zoals bij vele andere ziekten, wordt een verband gevonden tussen bepaalde antigenen van het histocompatibiliteitscomplex (HLA-complex) en MS. Bij personen met MS worden relatief vaak de antigenen HLA-A3, B7 en DW2 gevonden. De HLA-antigenen worden aangetoond op de lymfocyten, maar zijn ook op de wand van vele andere cellen aanwezig. Deze associatie van HLA-antigenen wordt vooral in Noord-Europa en Noord-Amerika gevonden, niet in subtropische landen. De associatie van deze HLA-antigenen met MS is echter relatief laag en niet te gebruiken voor diagnose. Er zijn tenslotte veel mensen met de bovengenoemde HLA-typering en geen MS en ook personen wel met MS maar zonder deze typering.

Aangezien de HLA-antigenen, net als bloedgroepen, erfelijk zijn, zou er een verband gelegd kunnen worden tussen het voorkomen van MS en HLA-antigenen in een familie. Bij eenzijdige tweelingen, met dus precies dezelfde erfelijke informatie en HLA-antigenen, is het voorkomen van MS bij slechts één van de tweeling eerder regel dan uitzondering. Echter, bloedverwanten van MS-patiënten hebben wel een grotere (5 tot 20 maal) kans op het krijgen van MS dan gemiddeld. Als we de werkelijke kans op MS voor bloedverwanten van MS-patiënten uitrekenen, varieert deze dus van 5 tot 20 maal 60 per 100 000 oftewel 0,3 tot 1,2 procent. Al met al blijft dit een lage kans.



TABEL 1. Klinische criteria voor multiple sclerose	
Klinisch zeker MS	Verbetering en verslechtering (remitterend); twee of meer episodes met tussenruimte van meer dan een maand. Of: progressief gedurende meer dan 6 maanden.
	Zenuwbeschadiging op twee of meer plaatsen.
	Zenuwbeschadiging voornamelijk te lokaliseren in de witte stof.
	Leeftijd bij begin 10 tot 50 jaar.
	Geen betere verklaring.
Waarschijnlijk MS	Verbetering en verslechtering met één afwijking passende bij MS.
	Enkele episodes die doen denken aan MS met veel zenuwbeschadigingen.
	Goed herstel.
	Daarop volgend verschillende symptomen en verschijnselen.
Mogelijk MS	Geen betere verklaring.
	Verbetering en verslechtering zonder verschijnselen bij klinisch onderzoek. Of objectieve verschijnselen die slechts één lokalisatie in het centraal zenuwstelsel verklaren.

Klinische verschijnselen

De klinische verschijnselen kunnen al enigszins afgeleid worden uit de pathologisch-anatomische beschrijving: omdat er meerdere plaques zijn, komen er ook meerdere verschijnselen voor. Op grond van het neurologisch onderzoek kunnen we zeggen dat op meerdere plaatsen in de witte stof een aandoening moet zijn. Men vindt bijvoorbeeld dat de oorzaak van een gezichtsstoornis in de oogzenuw (nervus opticus) ligt. Als bij dezelfde patiënt ook loopstoornissen optreden, veroorzaakt door

een aandoening in de witte stof van het centraal zenuwstelsel, is het al zeker dat er meerdere plekken in het centraal zenuwstelsel door MS zijn aangetast. Zo is er een aantal plaatsen aan te tonen: de oogzenuw, grote hersenen, kleine hersenen (*cerebellum*), hersenstam, ruggemerg (*myelum*).

De verschillende symptomen die door deze plaques ontstaan, treden niet tegelijkertijd op; er is een spreiding in de tijd waarin die verschijnselen ontstaan. Bovendien gaan de verschijnselen in de eerste jaren waarin de ziekte optreedt vaak weer over. Er is dus bijvoorbeeld eerst een loopstoornis, die na verloop van tijd geheel overgaat. Maanden, soms enkele of een groot aantal jaren erna treden er andere klachten op, zoals bijvoorbeeld gezichtsstoornissen, welke ook van voorbijgaande aard kunnen zijn. Dit wordt het intermitterende (of exacerbatie-remissie) verloop genoemd. Een recente interessante ontdekking is dat tijdens een verergering (exacerbatie) er een duidelijke daling van het aantal T-suppressorcellen in het bloed optreedt.

Dit verloop gaat meestal na enige jaren in een chronisch of progressief verloop over: de klachten gaan niet over, maar zijn steeds aanwezig of nemen zelfs toe. Juist de loopstoornissen en coördinatiestoornissen (kleine hersenen) blijken vaak bij zo'n progressief verloop betrokken te zijn. De gezichtsstoornissen en klachten, ontstaan door hersenstamafwijkingen, zijn vaak niet chronisch progressief.

Links: Op een aantal dwarsdoorsneden van hersenweefsel met multiple sclerose littekens zijn de plaques met stipjes aangegeven. Opvallend is het grote aantal plaques en ook de vaak symmetrische verdeling. Bovendien is er een voorkeurslokalisatie in de witte stof, onder andere goed te zien aan de vele plaques die rondom de hersenkamers (ventrikels, te zien als vlindervormige structuren) liggen.

Een belangrijk probleem waar veel MS-patiënten mee worstelen zijn de mictiestoornissen; dit zijn moeilijkheden bij het urineren welke zich kunnen uiten in te snelle drang tot plassen, en/of onvoldoende uitplassen. Bij deze stoornissen ontstaan ook vaak urineweginfecties. Een chronische urineweginfectie vormt een grote bedreiging voor een MS-patiënt en moet zo snel en zo goed mogelijk behandeld worden.

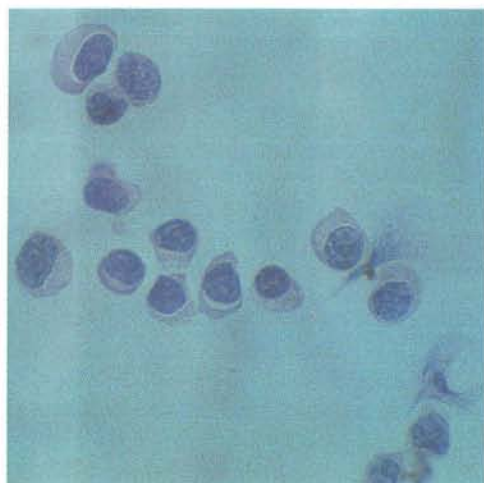
MS begint meestal tussen het 15e en 50 à 55e jaar. De meesten eerste klachten komen voor rondom het 30e jaar. Tevens blijken meer vrouwen dan mannen (in een verhouding van 1,5 : 1 à 2 : 1) aan MS te lijden.

Hersen- en ruggemergvocht

Het hersen- en ruggemergvocht (*liquor cerebrospinalis*) is in de ventrikels van de hersenen en om de hersenen en het ruggemerg aanwezig. De liquor kan voor onderzoek verkregen worden via een ruggeprik (lumbaal-punctie en soms suboccipitaal-punctie, dat wil zeggen ter hoogte van respectievelijk lendewervels of nek-wervels). Op het eerste gezicht ziet de liquor bij MS er uit als water: helder en kleurloos. Bij microscopische en chemisch onderzoek wordt echter een aantal belangwekkende immunologische afwijkingen waargenomen. In de liquor van MS-patiënten komt zowel een verhoogd aantal cellen als een verhoogde concentratie immuunglobulines voor.

Celaantal: normaal komen in de liquor zeer weinig tot geen cellen voor. Bij MS worden erg vaak lymfocyten en zelfs plasmacellen aangetroffen. Het is niet duidelijk welke immunologische functie deze cellen hebben, maar het is bekend dat deze cellen de immuunglobulines met oligoklonale componenten kunnen produceren. Tevens is het aantal T-cellen ten opzichte van het aantal B-cellen toegenomen vergeleken met de in het bloed voorkomende verhouding. Bij een verdere scheiding van de T-cellen in T-helper- en T-suppressorcellen, kan worden aangetoond dat niet alleen in het bloed maar ook in de liquor van MS-patiënten een abnormale helper/suppressor-verhouding bestaat. Men denkt dat de helpercellen de B-cellen die de immuunglobulinen produceren stimuleren. De T-suppressorcellen onderdrukken de functie van de B-cellen. Deze afwijkende verhoudingen worden tegenwoordig aangetoond met monoklonale, specifieke antisera.

Immuunglobulines: al enige decennia geleden heeft men een verhoogde concentratie van immuunglobulines bij MS in de liquor aangetoond. Recent heeft men vastgesteld dat de in de liquor voorkomende eiwitten (dus ook immuunglobulines) in normale omstandigheden vrijwel geheel uit het bloed afkomstig zijn. De concentratie van deze eiwitten in de liquor is echter vele malen lager dan in het bloed. Dit concentratieverschil is niet voor elk eiwit gelijk en blijkt afhankelijk te zijn van o.a. het moleculgewicht. Een eiwit met een hoog mole-



Links: In het hersenvocht (*liquor cerebrospinalis*) kunnen immunologisch actieve cellen worden waargenomen. Hier zijn plasmacellen, die immuunglobulines produceren, te zien. Normaal bevinden zich geen of slechts zeer weinig cellen in het hersenvocht, maar bij MS is dit aantal sterk verhoogd.

Rechts: De ruggeprik (lumbaal-punctie) is nodig om het hersenvocht te verkrijgen; het is een volstrekt onschuldige ingreep, die nooit nadelige gevolgen heeft. De punctie heeft wel letterlijk achter iemands rug om plaats. Op de foto's het bepalen van de juiste plaats om de holle naald in te steken en het aftappen van de liquor.

cuulgewicht komt in relatief lagere concentraties voor dan een eiwit met een laag molecuulgewicht. Er is dus een selectieve barrière voor eiwitten. Dit wordt de bloed-hersen-liquor-barrière genoemd. Het is niet bekend hoe deze barrière precies werkt, maar het is uitermate waarschijnlijk dat deze barrière in de binnenwand van de bloedvaten in de hersenen ligt. Dit endotheel is op een voor het lichaam ongewone hechte wijze van cel tot cel vastgekit met zgn. tight-junctions.

Het is in normale omstandigheden niet of nauwelijks mogelijk dat eiwitten tussen de endotheelcellen door (intercellulair) in de ruimte rondom de bloedvaten komen. Op welke wijze dan wel precies de eiwitsamenstelling van de liquor ontstaat, is niet bekend, maar een andere structuur in de hersenen, de *plexus chorioideus*, heeft hierbij ook een functie. Het voert hier te ver op dit laatste in te gaan.

Er is dus een concentratiegradiënt van bloed naar liquor. Bij een verstoring (mechanisch, chemisch, etc.) van de bloed-hersen-liquor-barrière zal deze gradiënt veranderen en ook de immunoglobulineconcentratie in de liquor toenemen. Bij MS is aangetoond dat een verstoring niet de oorzaak is van een toename van de immunoglobulineconcentratie in de liquor. Het blijkt namelijk dat de liquor-serumverhouding van albumine (een niet in het hersenweefsel voorkomend eiwit) als parameter kan dienen voor de functie van de bloed-hersen-liquor-barrière. Bij MS is deze verhouding niet

verhoogd. Tevens blijkt bij normale personen een belangrijke samenhang te bestaan tussen deze albumineverhouding en de liquor-serum-immuunglobulineverhouding. Op grond hiervan is de zgn. immuunglobuline-index ingevoerd:

$$\text{index} = \frac{\text{Ig-conc. liquor}}{\text{Ig-conc. serum}} : \frac{\text{alb.-conc. liquor}}{\text{alb.-conc. serum}}$$

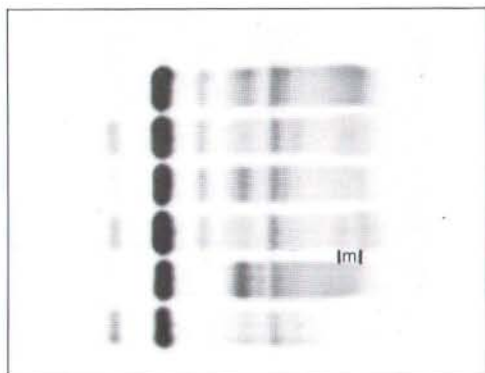
Een indexwaarde die boven de normale waarde ligt, ontstaat als gevolg van een toename van de Ig-concentratie in de liquor en niet ten gevolge van een verandering van de Ig-concentratie in het bloed. Een abnormaal hoge of lage Ig-concentratie in het serum resulteert in een hoge of lage concentratie van Ig in de liquor waardoor de liquor-serumverhouding niet verandert. Een abnormale Ig-index kan niet verklaard worden door een afwijkende Ig-concentratie in het serum en moet dus betrekking hebben op een abnormale Ig-concentratie in de liquor. De beste verklaring hiervoor lijkt te zijn dat alleen in het centraal zenuwstelsel een productie van immuunglobuline plaatsvindt. Dit wordt bij MS waargenomen; het is echter niet specifiek voor de ziekte MS en wordt ook wel bij andere ziekten aangetroffen. Vooral de immunoglobulineklassen G (IgG) en M (IgM) zijn bij MS verhoogd.

Eiwitelektroforese: wanneer eiwitten in een elektrisch veld worden gebracht, treedt er scheiding van deze eiwitten op. Met bloed en



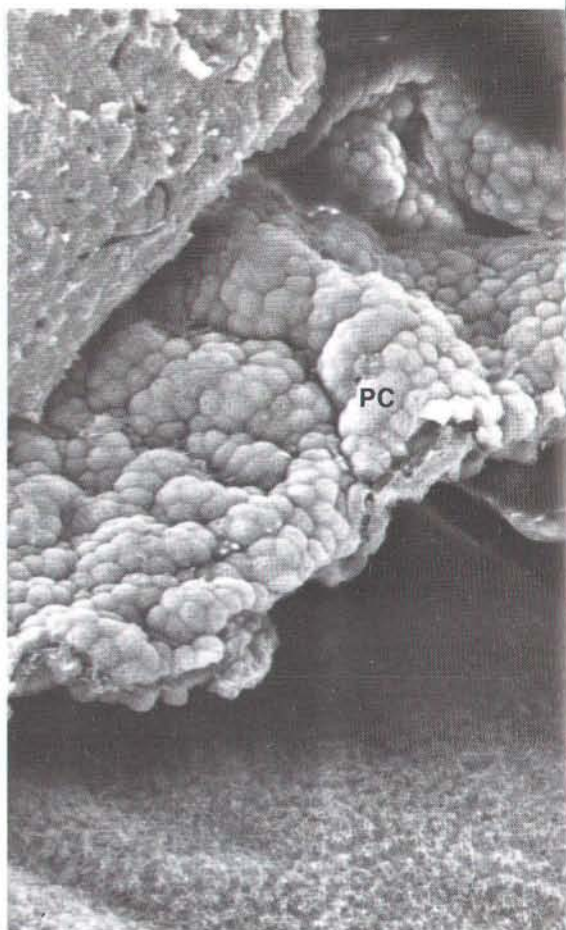
liquor kan een dergelijke elektroforese uitgevoerd worden. Vaak kan in de liquor van MS-patiënten in het gamma-gebied van de elektroforese een afwijking gevonden worden. In plaats van een normale diffuse kleuring van het gamma-gebied, worden bij MS enkele min of meer streepvormige verdichtingen in dit gebied waargenomen. De naam die hieraan is gegeven is monoklonale (m) componenten of componenten van beperkte heterogeniteit. Het gebied bevat immuunglobulinen die zich dus blijkbaar elektroforetisch anders gedragen dan normaal. De oorzaak is niet bekend.

Bij andere ziekten, die gepaard gaan met een chronische ontsteking van het centraal zenuwstelsel, worden deze componenten ook vaak aangetroffen. De veronderstelling dringt



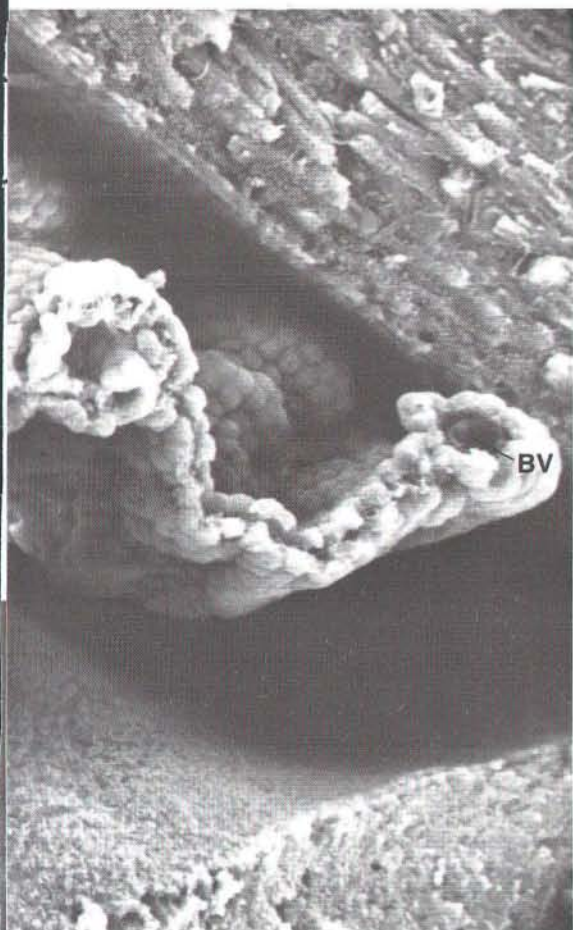
zich dus op dat er bij MS ook sprake zou moeten zijn van een chronische ontsteking. Doorslaggevende argumenten zijn hiervoor echter niet, terwijl recent zelfs verondersteld werd dat deze m-componenten niets te maken hebben met de oorzaak van het ziekteproces.

De IgG-index en eiwit elektroforese zijn belangrijke hulpmiddelen voor de diagnostiek van MS, maar helaas moet geconstateerd worden dat ook deze afwijkende bevindingen geen uitsluitsel geven of de diagnose al dan niet MS is. Er is nog geen enkele test bekend, die de diagnose eenduidig bevestigt. De diagnose berust nog steeds vooral op klinisch-neurologische bevindingen, terwijl de liquorafwijkingen en ook de neurofysiologische en CT-scan bevindingen deze diagnose kunnen steunen.



Neurofysiologie, evoked potentials

Met behulp van speciale technieken is het de laatste jaren mogelijk gebleken zgn. evoked potentials klinisch toe te passen. Deze evoked potentials is een verzamelnaam die niet goed in het Nederlands vertaalbaar is. Het betreft het aantoonbaar maken van zeer kleine potentialen die in de hersenschors (cortex) ontstaan ten gevolge van zintuigprikkelers. Deze potentialen kunnen worden aangetoond na visuele (licht), akoestische (geluid) en sensorische (gevoel) prikkelers. De visuele evoked potential is het meest gebruikt en blijkt de meeste informatie op te leveren; in 70 à 80 procent van de gevallen wijkt deze bij MS af. Toepassing van deze drie evoked potentials geeft in bijna 100 pro-



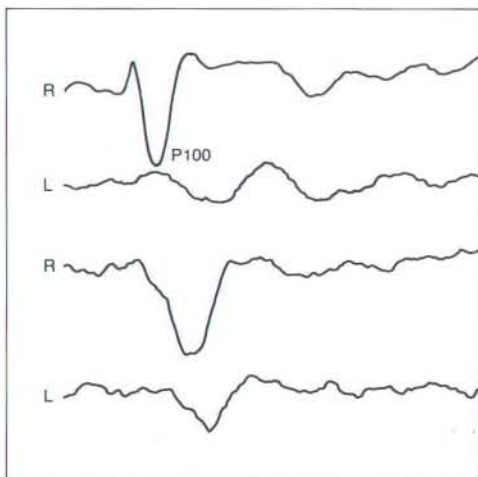
Linksboven: In deze eiwit elektroforesis is de 1e, 3e en 5e band (van boven naar beneden) het serum. De 2e en 6e tonen normale liquor, in de 4e zijn in het meest rechts gelegen deel de monoklonale (m) componenten te zien.

Boven: Een opname van de plexus chorioideus (PC), waar het grootste deel van de liquor cerebrospinalis wordt gevormd. Rechts van de plexus ligt een bloedvat (BV) en onder de plexus de ventrikel.

Rechts: Fig. 2. De visueel evoked potential. De P 100 piek is in de onderste drie afleidingen duidelijk vertraagd. Men spreekt dan van verlengde latentietijden, welk bij Multiple Sclerose vaak kunnen worden vastgesteld. Hiervan wordt gebruik gemaakt bij het stellen van een diagnose.

cent van de MS-patiënten die een klinisch zekere diagnose hebben een afwijking van één of meer evoked potentials. Omgekeerd: wanneer er klinische aanwijzingen zijn voor de diagnose 'MS', mag men ervan uit gaan dat één of meer afwijkende evoked potentials een duidelijke steun voor deze diagnose is.

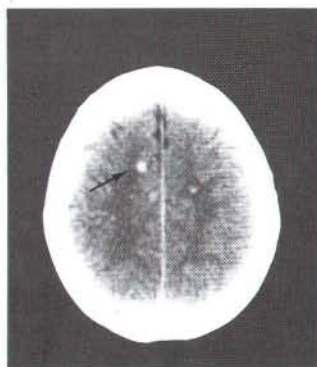
Aan de hand van de visuele evoked potential kan duidelijk gemaakt worden welk principe aan deze techniek ten grondslag ligt. Voor het oog wordt een groot aantal malen een beeld (meestal een schaakbordpatroon) gehouden, waarbij dan ook nog de velden afwisselend wit of zwart worden (het beeld verspringt dus). Via elektroden op het hoofd worden potentialen verkregen, die echter zonder verdere bewerking niet te onderscheiden zouden zijn van het 'normale' elektro-encefalogram (EEG). Door een 'equalizer' (uitvlakker) kan het EEG gewist worden zodat de potentialen, veroorzaakt door de schaakbordpatroon-stimulatie, herkend kunnen worden. De potentialen zijn sinusvormig. De tijd waarop elk van deze golven geregistreerd kan worden heet latentietijd en het blijkt dat bij MS de latentietijd vaak langer is (zie fig. 2). Bij neurofysiologisch onderzoek wordt gebruik gemaakt van het verschijnsel dat een ontmergde zenuw de zenuwprikkel minder snel geleidt dan een normale vezel met een myelineschede. Via het toedienen van geluidsprikkels en gevoelsprikkelers is op anologe wijze na te gaan of de betreffende latentietijd ook verlengd wordt.



Computertomografie-(CT)-scan

Ook deze techniek is sinds enige jaren geïntroduceerd en heeft een aantal interessante gegevens bij de bestudering van MS opgeleverd. Het principe berust op één of meer om de schedel draaiende röntgenbundels, waarvan de aan de andere zijde van de schedel doorkomende röntgenintensiteit via een detector wordt omgezet in een elektrisch signaal. De intensiteit van het signaal wordt opgeslagen in het geheugen van een computer. Door de röntgenbundels rondom het hoofd te draaien wordt steeds weer een signaal met een andere intensiteit verkregen, omdat de röntgendichtheid van het hersenweefsel en de eventueel in röntgenstraal bevindende hersenkamers steeds iets anders is.

wordt. Deze stof hoopt zich in de plaque op, waardoor die beter zichtbaar wordt. Enige tijd na het begin van een verergering van de ziekte lukt het niet meer zo'n plaque via dit contrast zichtbaar te maken, terwijl de klinische verschijnselen veroorzaakt door die plaque nog aanwezig zijn. Omdat de contraststof in de plaque kan komen, neemt men aan dat een lokale stoornis in de bloed-hersen-liquor-barrière van de centrale venule aanwezig is; er is blijkbaar een beschadiging van deze bloed-hersen-liquor-barrière. Het is natuurlijk uitermate verleidelijk om te zeggen dat het ontstaan van die plaque te maken heeft met de beschadigde bloed-hersen-liquor-barrière; deze veronderstelling is echter niet bewezen en waarschijnlijk ook niet te bewijzen.



Links: De computertomografie (CT) scan is een belangrijk diagnostisch hulpmiddel in de neurologie geworden. Links een plaque die bij een exacerbatie verscheen (pijl) en later niet aantoonbaar was.

Rechts: Met behulp van een computertomograaf kan men 'doorsneden' door de hersenen maken. Door deze 'plakken' achter elkaar te zien kan men een beeld verkrijgen van het verloop van bijvoorbeeld MS-plaques.

Er ontstaat een veelheid van gegevens, waarmee de computer een dwarsdoorsnede door het hoofd kan samenstellen. Ook eventuele MS-plaques kunnen hierbij op de tomogrammen zichtbaar zijn. Dus via een CT-scan kan men zonder te snijden een goed beeld krijgen van de verdeling van MS over de hersenen.

In een chronisch stadium van de ziekte zijn de plaques vaak te klein om in een CT-scan waargenomen te worden, maar het lukt toch soms wel eens deze zichtbaar te maken; deze wel zichtbare plaques zijn dan grote, oude en zgn. uitgedoofde plaques.

Wanneer de ziekte erger wordt ontstaan er nieuwe plaques. Het is vaak mogelijk deze plaques zichtbaar te maken met een CT-scan, vooral wanneer een contraststof toegediend

Een tweede belangwekkende bevinding bij het bestuderen van CT-scans bij MS is dat de plaats van de plaque lang niet altijd overeen blijkt te komen met de klinische verschijnselen en bevindingen. Dit zou kunnen betekenen dat het beoordelen van de klinische toestand niet persé of misschien zelfs in grote mate niet overeen hoeft te komen met de ziekte-activiteit in de hersenen. De consequenties van deze veronderstelling zijn aanzienlijk, omdat de beoordeling van het effect van een behandeling gebaseerd is op het volgen van de neurologische verschijnselen. Mede gezien het vaak grillige verloop van de ziekte is het dus vaak zeer moeilijk vast te stellen of een behandeling en ook welke behandeling invloed heeft op het ziekteproces.



Behandeling

Er is geen geneesmiddel voor MS, zeker niet als genezen hier letterlijk wordt genomen. Wel worden er pogingen ondernomen, vooral met immunosuppressieve middelen; de pogingen bevinden zich echter nog in een experimenteel stadium. Tevens wordt de behandeling met interferon geprobeerd. Volledig verantwoorde uitspraken hierover zijn (nog) niet mogelijk.

Een symptomatische behandeling van spasticiteit en blaasstoornissen is wel mogelijk. Er zijn uitstekende spasmolytica en de urologische stoornissen zijn soms goed met medicijnen of chirurgisch te verhelpen. Urineweginfecties kunnen ook prima met antibiotica behandeld worden.

Epidemiologie

Eén van de onderwerpen die epidemiologen bestuderen is de zgn. prevalentie, dat wil zeggen het aantal patiënten dat over de gehele bevolking een bepaalde ziekte heeft. Bij MS is dat in Nederland en in België ca. 60 per 100 000 inwoners. We komen dan op een totaal van zo'n 8400 patiënten in Nederland en zo'n 6000 in België maar ook worden wel aantallen van ca. 10 000 en 7500 genoemd (prevalentie ca. 75 per 100 000). Zeer precieze getallen zijn moeilijk te geven.

In andere landen blijkt een sterk afwijkende prevalentie te bestaan. Er zijn streken, bijv. de Shetland- en Orkney-eilanden, met een zeer hoge prevalentie (meer dan 100 per 100 000).

In Schotland wordt ook een hoge prevalentie gevonden. In het algemeen is er een patroon te herkennen: met name in gebieden met gematigde klimaten, zoals Midden- en Noord-Europa en het noorden van de Verenigde Staten en Canada hebben een hoge prevalentie (50 tot 100 per 100 000). In subtropische en tropische gebieden wordt MS bijzonder weinig geconstateerd (zie fig. 3.)

De oorzaak van deze geografische spreiding van de ziekte is onbekend. Er is natuurlijk een aantal mogelijkheden: bijvoorbeeld genetische en/of omgevingsfactoren. Voor beide factoren zijn argumenten: uit migratiestudies is gebleken dat de omgevingsfactor een rol speelt: migratie van een gebied met een hoge prevalentie naar een gebied met een lage prevalentie gaf een herkenbaar patroon. Bij migratie voor het 15e levensjaar kwam de prevalentie van de migranten overeen met die van het lage risicogebied, terwijl bij migratie na het 15e jaar het risico om MS te krijgen hetzelfde bleef als van het hoge risicogebied. Deze onderzoeken hebben onder andere plaatsgevonden bij migraties van Europa (hoog risico) naar Israël (laag risico). Blijkbaar is er een factor die het ontstaan van MS beïnvloedt en samenhangt met het land waarin men woont. Welke omge-

vingsfactor hiervan de oorzaak is is onbekend hoewel er natuurlijk wel naarstig naar gezocht wordt.

Een ander belangwekkend feit, dat het epidemiologisch onderzoek ons geleerd heeft, is dat MS als een soort epidemie kan ontstaan. Er bleek tijdens de jaren vijftig op de Faeroër-eilanden een onverwachte groot aantal MS-patiënten te zijn. Door de epidemiologen is dit in verband gebracht met de Britse troepen die daar tijdens de Tweede Wereldoorlog gelegerd waren. Deze troepen zouden een (onbekende) factor met zich meegevoerd hebben die kans op het krijgen van MS vergrootte. Een vergelijkbare 'epidemie' is recent ook aangetoond op IJsland. Een relatie met enige omgevingsfactor is hier nog niet gelegd. Een vergelijking met de epidemiologische bevindingen op de Faeroër-eilanden ligt voor de hand, ook omdat de bevolking van IJsland en de Faeroër-eilanden historische en culturele banden hebben.

Door deze epidemiologische onderzoeken zijn wel interessante feiten naar voren gekomen, die echter nu nog niet goed te verklaren zijn. Zolang men de oorzaak voor MS nog niet gevonden heeft, zal het wel erg moeilijk blijven om een verklaring voor deze feiten te vinden.

TABEL 2. Prevalentie (voorkomen) van Multiple Sclerose in verschillende landen.

Landstreek	Ligging	Prevalentie	Landstreek	Ligging	Prevalentie
Europa	°N.Br.		Azië	°N.Br.	
IJsland	64	52	Japan	38-43	2-4
Noorwegen	60-63	38-80	Z. Korea	32-38	0,5-2
Faröer	61	37	Israël	31	11
Orkney en Shetland	60	128			
Finland	60	35-61	Australië	°Z.Br.	
Zweden	58	120	Tasmanië	43	33
Schotland	57	62	New South Wales	33	20
Denemarken	56	64	Queensland	17-28	6-12
Engeland	56	50	Nieuw Zeeland	42	39
Nederland	53	56			
Duitsland	50-53	57-81	Afrika	°Z.Br.	
Polen	50	60	Zuid-Afrika	30	9
Zwitserland	46-47	15-106			
Roemenië	46	26	Amerika	°N.Br.	
Italië	46	12-19	Canada	44-50	35-53
Frankrijk	43	14	U.S.A.	30-44	12-88
			Mexico	20	2
			Hawaï	20	9

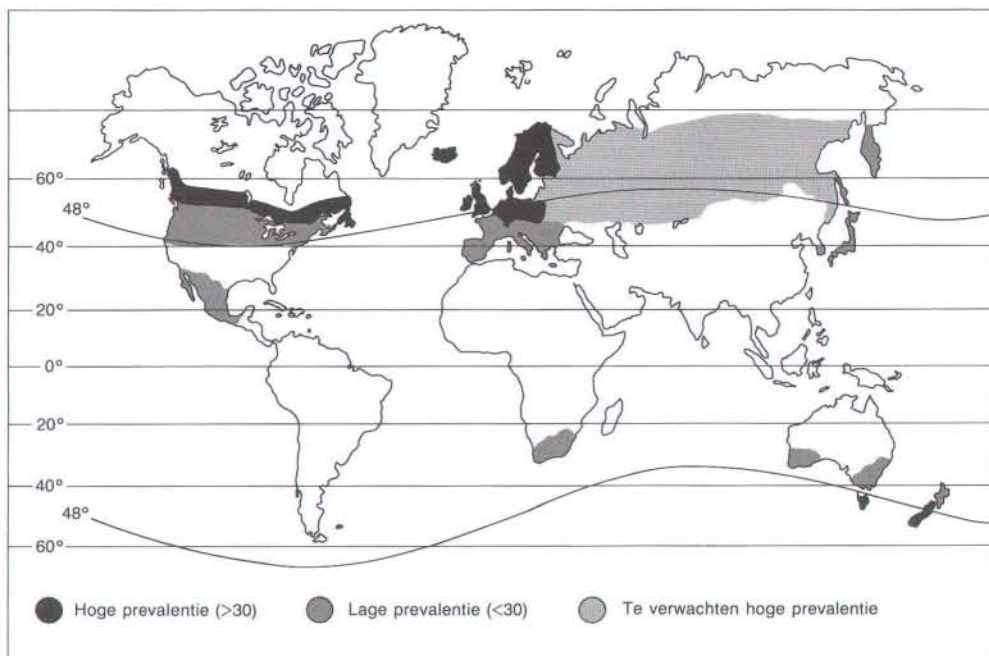


Fig. 3. De wereldwijde geografische verdeling van Multiple Sclerose is gebonden aan breedtegraden. Met name in gematigde klimaatzones komt Multiple Sclerose meer voor. Maar ook per land komen grote verschillen voor: zo heeft Noord-Noorwegen een prevalentie van 38 en Zuid-

Noorwegen een van 80. Over de blank gelaten stukken van de kaart (bijvoorbeeld China) zijn te weinig gegevens bekend. De oorzaak van deze geografische spreiding is niet bekend, maar waarschijnlijk spelen genetische en omgevingsfactoren een rol.

Tot slot

MS is een ziekte die in Nederland en België niet uitzonderlijk veel voorkomt maar toch zo'n 17 500 mensen treft. Omdat het een chronische ziekte is die niet alleen de patiënt zelf maar ook het gezin en andere betrokkenen sterk aanspreekt, kan geschat worden dat dag in dag uit omstreeks 70 000 personen sterk bij MS en de daarmee samenhangende problemen betrokken zijn. Een veel groter aantal mensen zal er wel van weten, maar misschien niet zo direct bij betrokken zijn.

Juist omdat het een chronische ziekte is zijn de sociale gevolgen aanzienlijk. Het is daarom ook verheugend te kunnen constateren dat steeds meer aandacht voor mensen met MS en hun omgeving ontstaat, omdat steun en hulp op adequate wijze gegeven door wie dan ook, voor vele patiënten belangrijk is. Het bovenstaande heeft hopelijk het begrip voor en inzicht in de MS-verschijnselen vergroot.

Literatuur

- Tweel, J.G. van den, (1981). *Cellulaire immunologie. De rol van de thymus*. Natuur en Techniek 49, 5, pag. 382-397.
- Bruning, J.W., (1981). *Humorale immuniteit. Opsporen en aanhouden van indringers*. Natuur en Techniek 49, 10, pag. 758-777.
- Spierings, E.L.H., (1979). *Computertomografie. Nieuwe mogelijkheden in de diagnostiek van hersenaandoeningen*. Natuur en Techniek 47, 2, pag. 68-87.
- Vinken, P.J., Bruijn, G.W., (eds), (1975). *Handbook of clinical neurology. Multiple sclerosis and other demyelinating diseases*, (Deel 9). Elsevier, North Holland Publishing Co., Amsterdam.

Bronvermelding illustraties

- Afd. Pathologie, De Wever Ziekenhuis, Heerlen: pag. 520, 525 onder, 528, 529.
- Medical Service München GmbH: pag. 520-521, 524-525 boven.
- The Wellcome Institute for the History of Medicine, London: pag. 522 boven.
- Uit: Kessel, R.G., Kardon, R.H., (1983). *Cellen, weefsel en organen*. Natuur en Techniek, Maastricht/Brussel: pag. 522 onder, 530-531.
- Uit: Vinken, P.J., (zie lit.): pag. 526.
- H.K. v. Walbeek: pag. 530, 532.
- EMI Medical Ltd, Hayes, Engeland/Northbrook, USA: pag. 533.

ACTUEEL

Nieuws uit wetenschap, technologie en samenleving
natuur en techniek

Natte lente

Misschien vallen op dit ogenblik de mussen van het dak, maar weinig mensen zullen aan de afgelopen lente plezierige herinneringen hebben overgehouden. Vrijwel iedere dag probeerden de weergoden ons de Noordzee in te spoelen, de zon werd angstvallig verborgen gehouden en de thermometer stond op winterse waarden. Als zo'n periode van uitzonderlijk weer lang aanhoudt beginnen veel mensen zich af te vragen of dit moet worden toegeschreven aan een toevallige gril van de natuur of dat er wellicht oorzakelijke verbanden zijn te leggen met natuurverschijnselen elders op de wereld?

Gewoonlijk blijven serieuze klimatologen het antwoord op dit soort vragen schuldig. Maar er is meer aan de hand. Australië en Indonesië werden maandenlang geteisterd door aanhoudende droogtes, terwijl landen als Equador en Peru langdurig ontworst werden door overstromingen als gevolg van abnormaal zware regens. Ook heeft een complete vogelpopulatie Christmas Eiland verlaten; waarschijnlijk het gevolg van een verschijnsel dat El Niño genoemd wordt (zie N&T, juni 1983, pag. 466). Ook op onze geografische breedte vinden we vrijwel overal langdurig aanhoudende afwijkingen in de atmosferische circulatie (anomalieën)

De optredende verschijnselen passen in het beeld van een fenomeen dat we al vele decennia lang kennen, maar waarvan de omvang pas sinds enkele jaren duidelijk is geworden. Sommigen ge-

ven er de naam El Niño aan. Anderen spreken van Zuidelijke Oscillatie. Recent is de term ENZO (El Niño Zuidelijke Oscillatie) ingevoerd. ENZO is vooral voelbaar in de tropen. Sinds 1950 is het verschijnsel 9 keer geregistreerd. Gemiddeld komt het dus één keer in de drie tot vier jaar voor. Ongeveer een jaar na de eerste tekenen bereikt ENZO zijn hoogtepunt. Hierna is er een langzame terugkeer naar normale condities.

Heeft dit verschijnsel nu ook effect op het klimaat bij ons? Recent onderzoek met behulp van atmosferische metingen, alsmede theoretisch onderzoek met computermodellen van de atmosfeer, heeft aangetoond dat onder gunstige omstandigheden een gedeelte van de energie die in de tropische atmosfeer vrijkomt in noordelijke richting wordt getransporteerd. Dit uit zich in het optreden van een drukpatroon dat zich over het gehele noordelijke halfrond uitstrekt. Meteorologen noemen dit teleconnectiepatronen. De meest kenmerkende drukgebieden vinden we in het noordelijk deel van de Stille Oceaan, boven Canada en Noord-Amerika. Gewoonlijk betekent het optreden van dit drukpatroon een wat strengere winter dan normaal in deze gebieden. Voor West-Europa is het directe effect van de in de Stille Oceaan vrijkomende warmte nogal zwak. Enzo is waarschijnlijk nauwelijks van praktische betekenis voor de lange termijnverwachting.

In het midden van 1982 kwamen de eerste waarnemingen binnen die de komst van ENZO aankondigden. De eerste verschijnselen weken echter belangrijk af van het beeld dat hierboven is ge-

schetst. Allereerst klopte het aanvangstijdstip niet en bovendien begon de temperatuur van het oppervlaktewater in het midden van de Stille Oceaan als eerste te stijgen. Dit warme water breidde zich vervolgens uit in oostelijke richting naar de kust van Peru. De reden voor dit afwijkende gedrag is nog onduidelijk. Het heeft zich echter eerder op deze manier voorgedaan. Sinds begin 1983 is er sprake van een normale ontwikkeling. Het verschijnsel bereikte zijn hoogtepunt omstreeks maart 1983 en de situatie is sinds



dien weinig veranderd. Het is een van de heftigste ENZO's die ooit is geregistreerd. De optredende teleconnecties van de noordelijke geografische breedte waren gedurende de winter in overeenstemming met het beeld dat uit vroegere ENZO's is opgebouwd. Deze situatie heeft echter ditmaal geen extreem strenge winter veroorzaakt in Canada en Amerika. Het is nog te vroeg om te zeggen of ENZO 1982/1983 onze lente heeft beïnvloed. Onderzoek aan ENZO's in andere jaren gaf geen grote directe effecten boven West-Europa. Echter deze keer waren de westenwinden in de tropen zeer sterk evenals het teleconnectiepatroon boven het noordelijk deel van de Pacific en

Canada. Het moet dan ook niet worden uitgesloten dat er ook bij ons sprake is geweest van enige invloed.

Een andere manier waarop ENZO ons weer kan beïnvloeden is via de tropische Atlantische Oceaan. Door de grote afwijkingen in de tropische circulatie van de atmosfeer vindt ook in de tropische Atlantische Oceaan vorming van warm water plaats. Als er nu vanuit de tropen en boven de Atlantische Oceaan energie in noordelijke richting uitstroomt, zal dat de atmosferische circulatie bij ons zeker beïnvloeden. Satellietmetingen van de uitgaande infraroodstraling geven aan dat er inderdaad vanaf maart 1983 grote hoeveelheden warmte zijn vrijgekomen boven de Atlantische Oceaan op ongeveer 30° NB. Of dit verband houdt met ENZO in de Stille Oceaan is nog niet duidelijk.

Op het KNMI wordt momenteel met computermodellen getracht om de anomalieën in de atmosferische circulatie die zich de afgelopen maanden hebben voorgedaan te reconstrueren. De resultaten hiervan zullen worden gepresenteerd op een conferentie in Parijs die in augustus 1983 zal worden gehouden.

Dr. ir. Theo Oosteech
KNMI, De Bilt

Deze foto is niet genomen net na 1 februari 1953 met de watersnoodramp in Zeeland, maar in de lente van 1983. Door langdurige regenval in ons land en ook bij de bovenloop van de grote rivieren liepen uiterwaarden en lager gelegen delen bij de rivieren onder water.
(Foto: ANP, Amsterdam)

JET gestart

In Culham (Engeland) is de bouw van JET, de Joint European Torus, voltooid. Eind juni was de opstelling voor de eerste maal in bedrijf, precies volgens tijdschema. De totale bouwkosten belopen 322 miljoen Europese munteenheden, een bedrag dat slechts enkele procenten verschilt van de voor inflatie gecorrigeerde ramingen uit 1975. De inbedrijfstelling van JET zet de kroon op een vijfjarige bouwperiode. De bouw is uitgevoerd door een internationaal team, dat werd gerecrueteerd uit de elf Europese landen die aan het project deelnemen.

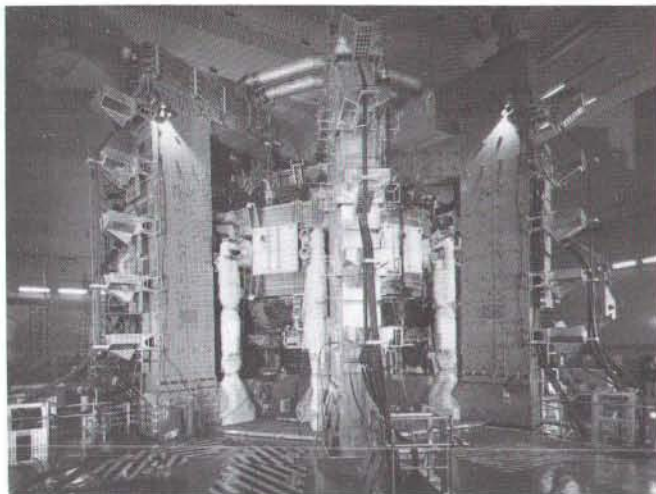
JET is de grootste tokamak in de wereld, zowel wat afmetingen betreft als wetenschappelijke mogelijkheden. Het project is vrijwel geheel gefinancierd door de Europese Gemeenschappen, als onderdeel van het Euratom-fusieprogramma. Nu de bouwfase achter de rug is, kan worden begonnen met een 7-jarig experimenteelprogramma, om vast te stellen of het mogelijk is fusie-reacties te gebruiken als energiebron die de wereld voor lange tijd van energie kan voorzien. Overigens zullen na JET nog verschillende stappen gezet moeten worden om een commerciële elektrische fusiecentrale te verwezenlijken.

De eisen voor zo'n reactor zijn erg hoog. De gasvormige brandstof moet verhit worden tot temperaturen boven de 100 miljoen graden Celcius, heter dan het inwendige van de zon. Bij deze temperatuur bevindt het gas zich in de zogenoemde plasmatoestand. De eerste stap bij de verhitting van de brandstoffen, deuterium en tritium (de twee isotopen van waterstof), komt tot stand door sterke stromen in het gas te induceren. Het gas is opgesloten in

een toroïdale (autobandvormige) vacuümruimte. Bijzonder gevormde magnetische velden worden toegepast om het plasma van de wand van het 'vat' af te houden.

Bij de inbedrijfstelling van JET waren de resultaten nog maar be-

hitting lukt, zal tegen het eind van het project de machine gevuld worden met Deuterium- en Tritium-gas, in plaats van gewoon waterstof, om echte fusie-reacties op te wekken. Men hoopt dan dat de reacties het plasma zelf verder verhitten tot de ver-



De Joint European Torus (JET) is voltooid. Alleen nog het plastic eraf en men kan starten. De foto werd begin juni gemaakt.

scheiden, vergeleken met de uitkomsten die men uiteindelijk over 7 jaar hoopt te bereiken. Een stroom van 60 000 ampere werd gedurende een tiende seconde in een ijl waterstofgas geïnduceerd, waardoor het gas werd veranderd in plasma. In het voorgestelde experimentele programma van JET zal de stroom geleidelijk worden opgevoerd tot ongeveer 5 miljoen ampere. In de komende jaren zal omvangrijke bij-verhittingsapparatuur (25 000 kW) worden geïnstalleerd, met het doel om de temperatuur van het waterstofplasma gedurende pulsen van ca. 10 seconden tot 50 miljoen graden op te voeren. Deze apparatuur werd op de Koninklijke Militaire School te Brussel ontwikkeld. Als deze ver-

eiste 100 miljoen graden, waarbij grote hoeveelheden neutronen vrijkomen.

In een toekomstige fusiereactor zullen deze neutronen gebruikt worden als warmtebron om elektriciteit te produceren. JET is daar niet op ontworpen. Eerst is nog een studiereactor nodig voor de technische aspecten van fusie, dan nog een prototype van een fusiecentrale en pas dan kan de eerste commerciële reactor gebouwd worden. Dat zal niet gebeuren voor 2020 of 2030.

(Persbericht JET)

Waterstof: de oplossing van energieproblemen?

De controverse over de fossiele brandstoffen (petroleum, aardgas, steenkool) blijft een heet hangijzer. Het gebruik ervan is met de actuele infrastructuur handig en tevens zijn deze energiedragers nog relatief gunstig geprijsd. En toch! De milieuproblemen stapelen zich op. Zure regen door zwaveloxyden, opwarming van de aardkorst door koolstofdioxyde, aantasting van de ozonlaag door stikstofoxyden: het is haast dagelijkse kost geworden in de nieuwsmedia en de vakpers. Kernenergie dan? Al zijn de kosten van elektriciteit, geproduceerd in kerncentrales, thans slechts ongeveer de helft van deze uit geïmporteerd aardgas of petroleum, ook de uraniumreserves zijn eindig en over de afvalverwerking is het laatste woord zeker nog niet gevallen. Kernfusie? Afgezien van de vele vraagtekens rond milieu en veiligheid lijkt het tijdperk van de kernfusie nog heel ver af, voor zover dit er ooit eens komt.

"De oplossing van onze energieproblemen is zonder de minste twijfel waterstof", beweert prof. Bockris, van de Texas A and M University en auteur van een hele reeks boeken terzake. Waterstofgas is inderdaad een excellente brandstof, per gewichtseenheid zelfs beter dan om het even welk ander alternatief. Het kan grootschalig geproduceerd worden uit diverse materialen, het kan opgeslagen en getransporteerd worden over lange afstanden, het is niet giftig, relatief veilig en vooral in hoogste mate milieuvriendelijk, gezien bij verbranding enkel water ontstaat.

Bij deze evidente voordelen komt nog de optie van een onbeperkte energievoorziening, indien wa-

terstof kan gewonnen worden uit water met behulp van zonne-energie. En of dit kan? Pioniers op dit gebied zijn de research-groepen van Sir G. Porter, Nobelprijs chemie 1967, thans directeur van The Royal Institution te London en van M. Grätzel van de Ecole Polytechnique Fédérale te Lausanne. Zij hebben een vernuftig systeem opgebouwd, waarbij het zonlicht via de tussenkomst van een sensibilisator (porfyrines, metaalcomplexen of halfgeleiders), een elektronen-overdrager (paraquat, een bekend insecticide) en een katalysa-



Het openbaar busvervoer in de USA rijdt plaatselijk reeds op waterstofgas. (Foto Billings Energy Corporation).

tor (platina) in staat is effectief waterstof te produceren uit water. De moeilijkheid ligt hier nog in de efficiënte captatie van zuurstof, al zijn reeds belangwekkende vorderingen gemaakt. "Als we 10 procent efficiëntie beogen, aldus prof. Porter, dan doen we tienmaal beter dan de natuur en kan geen enkel systeem voor energievoorziening met ons concurreren!"

Dus: waterstof is de oplossing van onze energieproblemen! Maar wat zo evident schijnt, wordt nog niet altijd meteen een voltrefter in de praktijk. De druk van enorm machtige lobby's rond nucleaire energie, steenkool en olie dient doorbroken te worden. En zulks gaat niet van vandaag op morgen. Gezien in de eerste

plaats commerciële interesses nog het meeste gewicht in de schaal leggen, wordt het nog wel even wachten met waterstofenergie.

Wie intussen niet bij de pakken blijft zitten, is dr. Billings, president van de Billings Energy Corporation, die faam heeft verworven als 'the first hydrogen entrepreneur in the world'. Zijn bedrijf, thans zowat 200 man sterk, is één van de snelst groeiende in de States en is uitsluitend op waterstoftechnologie geconcentreerd. Hij laat het openbaar vervoer op bepaalde plaatsen op waterstofbrandstof rijden, bouwt allerlei types voertuigen, ook personenwagens, om op waterstof en installeert huizen en afgelegen woonwijken met energievoorzieningen op basis van waterstof. Hij is de voorloper, de fantast, die bewijst dat het met waterstof kan, meer nog: dat het met waterstof beter kan.

De nationale overheden van hun kant propageren, haast traditiegetrouw, een kortzichtige, kortetermijnpolitiek. De uitzonderingen zijn vooral Canada en Japan. Deze landen zetten grootscheepse projecten op stapel, teneinde, binnen de kortst mogelijke tijd, een leidende positie te verwerven in de waterstoftechnologie, die wel eens een vierde industriële revolutie zou kunnen ontketen. Inderdaad, een wereldomschakeling op dit nieuwe energiesysteem kan niet anders dan met een wereldopschudding gepaard gaan. De grondstof wordt water, het middel de zon, de brandstof waterstof. Op deze wijze kan een ideale, totaal milieuvriendelijke kringloop opgebouwd worden. Gezien bij verbranding van waterstofgas enkel water wordt geproduceerd, is er principieel geen nettoverbruik van water. Wat reëel verbruikt wordt, is enkel de zonne-energie.

De boodschap lijkt nu duidelijk: we moeten geleidelijk gaan omschakelen op waterstofenergie.

Thans wordt waterstof uit water geproduceerd via elektrolyse nabij hydro-elektrische centrales tegen prijzen die lager liggen dan voor olie. Men verwacht dat, naar het einde van de jaren tachtig toe, de fotovoltaische productie via elektriciteit uit zonnecellen concurrerend zal zijn. Gezien de prijscurve van fossiele brandstoffen noodzakelijkerwijze stijgt en deze van alternatieve brandstoffen al even vanzelfsprekend daalt (onderzoek en ontwikkeling staan nog in de kinderschoenen), moet er binnen afzienbare tijd een kruispunt zijn, waar de omschakeling zal moeten gebeuren. En op dat tijdstip moeten we voorbereid zijn.

De componenten zelf zullen niet kostenbepalend zijn, de technologie kan geen hinderpaal vormen. Wat geld, veel geld, zal kosten is de infrastructuur, de aanpassingen allerhande aan het waterstof-energiesysteem. Dus: liefst een geleidelijke omschakeling, waarbij 'zonne-waterstof' beetje bij beetje geïntroduceerd wordt. De experts voorzien dat dit moet beginnen in de jaren 1990-2000. Vóór deze periode moeten onderzoek en ontwikkeling zo intensief mogelijk bedreven en gesteund worden, teneinde tijdig klaar te zijn. Rond het midden van de volgende eeuw, wanneer de fossiele brandstofreserves uitgeput geraken, zou de omschakeling volledig kunnen zijn.

Maar om deze doelstelling te bereiken, moeten we nu aan de slag en hard-aan-de-slag.

D. De Keukeleire

ADAM-meter

Techniek en natuurwetenschappen zijn ondenkbaar zonder het meten van verschijnselen. Dat bij het meten steeds meer elektrische apparatuur wordt gebruikt spreekt vanzelf, te meer omdat men tegenwoordig kan beschikken over zgn. transducers (omvormers), die zuiver fysische verschijnselen zoals druk, beweging, geluid of licht weten om te zetten in een elektrisch signaal.

De wezenlijke voordelen van het elektrisch meten ten opzichte van andere metingen zijn gelegen in de mogelijkheid tot automatiseren en bovendien zijn er eindeloze mogelijkheden op het gebied van telemetrie (draadloze-langeafstandsmetingen). Een enkel voorbeeld: een gewone kwikthermometer is een goed en betrouwbaar instrument om temperatuur te meten. Bij automatisering, bijvoorbeeld waar snelle temperatuurveranderingen optreden, of bij continue metingen, voldoet een elektrische thermometer beter aan de eisen.

Alle elektrische metingen zijn gebaseerd op het meten van spanning en stroom. Het is dan ook niet verwonderlijk, dat volt- en

joen meters in de prijsklasse van 400 tot 500 dollar.

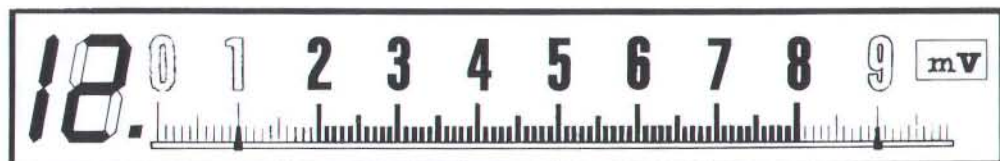
Voor de fabrikant is het belangrijk te weten aan welke soort meter in de toekomst behoefte bestaat. Daarover het volgende: naast de klassieke draaispoelmeter heeft de zgn. *digitale* voltmeter ruime toepassing gevonden. Het eerste type meter, welke al 160 jaar oud is, bestaat uit een permanente magneet en een spoeltje met draadwikkeling. De aflezing geschiedt door middel van een wijzeruitslag. Daardoor is het een *analoge* meter.

Sinds Carl Schweiger (1823) zijn de draaispoelmeters telkens verbeterd met handhaving van het oorspronkelijke meetprincipe. De meeste meters hebben een afleesfout van rond de 2 procent van de volle schaaluitreading. Beter dan 0,5 procent afleesfout is nauwelijks haalbaar en uiteraard zijn de nauwkeurigste draaispoelmeters ook de duurste. Geringere gevoeligheid, traagheid en het feit dat draaispoelmeters in zekere zin mechanische meters zijn, maken dat dit soort meters waarschijnlijk hun langste tijd gehad hebben.

De elektronische versie van de voltmeter heeft geen bewegende delen en wordt daarom ook niet gehinderd door traagheid. Helaas

cijfers. Daarom heeft de fabrikant de doorsnee digitale meter zo gemaakt, dat er maximaal drie aflezingen per seconde mogelijk zijn. Dit is niet veel. Bij vergelijking met bepaalde gevoelige draaispoelmeters, blijken deze laatste vaak beduidend sneller te reageren op een verandering in spanning dan de digitale meter! Zou men de demping geheel laten wegvallen dan gaan we helemaal de mist in. Snelverspringende cijfers worden al gauw '8'. Zo worden snelle variaties tussen 12,20 V en 12,70 V automatisch 12,88 V, hetgeen natuurlijk fout is. Ook bij het 'flippen' tussen '3' en '4' zou men gemakkelijk een fout kunnen maken omdat men denkt een '9' te zien. Een nadeel van demping in het algemeen is, dat we elke indicatie omtrent mogelijke spanningsveranderingen tijdens het meten missen. Bovendien gaat er van stilstaande of traag verspringende cijfers een bedrieglijke suggestie van nauwkeurigheid uit. Al met al beperkingen, die typisch zijn voor een digitale voltmeter en waarover zelden iets gezegd wordt.

Los van bovengenoemde nadelen heeft men rekening te houden met het feit dat men in het algemeen een afkeer van cijfers heeft, omdat de mens in wezen spon-



ampèremeters in miljoenen aantallen worden verhandeld. Marktonderzoek toont aan dat er bij genoemde meters nog een groei van 50 tot 70 procent bestaat. Zo exporteerde Japan in 1978 bijna 10 miljoen meters, meestal van een goedkope soort; tegelijkertijd importeerde Japan meer dan 3 mil-

Op de ADAM-meter wordt de hoofdwaaarde digitaal aangegeven met de decimalen analoog. Hierdoor wordt de meting zeer nauwkeurig (hier 1 promille).

moet de meter om praktische redenen gedempt worden. Dit is nodig vanwege ons oog dat geen raad weet met snel verspringende

taan de voorkeur geeft aan een simpele analoge aanduiding (in de Engelse literatuur spreekt men over de 'display'). Deze sterke voorkeur komt onder andere duidelijk naar voren in de verkoopcijfers van alle mogelijke volt- en ampèremeters. Ondanks het feit, dat analoge meters onnauwkeuri-

ACTUEEL

ger zijn dan digitale meters, worden er twintig analoge meters verkocht tegen een digitale. Iets dergelijks zien we bij de verkoopcijfers van horloges. Een tijd lang is de horlogebranche overspoeld geweest met zeer goedkope digitale horloges. Nu is er weer een duidelijke vraag naar horloges met wijzers. (De klassieke horloges, met een uurwerk, zijn nu al museumstukken, want de wijzers laten zich ook realiseren met LCD's (vloeibare kristallen), al dan niet uitgevoerd in kleur.) Overduidelijk wordt de voorkeur voor de analoge meters gedemonstreerd in de cockpit van een vliegtuig, want hier ziet men alleen maar meters met wijzers en beeldschermen. Deze laatste dienen eigenlijk als 'analoge display' en niet als 'digitale display' te worden aangemerkt.

Als de draaispoelmeters en de digitale voltmeter meettechnisch nog steeds niet ideaal zijn, welke meter is dat dan wel? Een topper is in ieder geval een meter die beschikt over een groot meetbereik en die daarbij én nauwkeurig is, én een snelle respons vertoont. De ideale meter is waarschijnlijk een *hybride* instrument, een combinatie van analoge en digitale technieken. Aan al de genoemde eisen voldoet de zgn. ADAM-meter (Analoog-Digitaal-Analoog meter) die oorspronkelijk in Nederland ontwikkeld is.

In principe geeft de ADAM-meter bij elke meting het hoofdgetal digitaal weer, terwijl de laatste twee decimalen, waarin zich de snelle variaties kunnen voordoen, analoog af te lezen zijn. Het bijzondere daarbij is dat onder alle omstandigheden de nauwkeurigheid gehandhaafd blijft. Oplichtende LED'S maken in vele gevallen een oscilloscoop overbodig, omdat een instabiele spanning zich vanzelf manifesteert door het breed of minder breed oplichten van een 'Bar'. Door dezelfde oplichtende LED's

is de ADAM-meter geschikt voor gebruik in bewakings- en regelinstallaties. Men voorziet de meter dan van fotodiodes ('ruiter-tjes') als de eigenlijke bewakers van vooraf ingestelde meetwaarden.

De ADAM-meter sluit geheel aan bij de huidige chip-techniek. Dit betekent dat bij massaproductie deze meters erg goedkoop kun-

nen worden. Ze nemen vrijwel geen plaats in en dat is weer interessant voor inbouw in apparaten. Van de kant van de industrie is echter nog weinig belangstelling getoond, voornamelijk omdat nog nergens iets gepubliceerd is over deze meter.

Dr. Th. Postmes
Maastricht

IRAS onthult pasgeboren ster

De InfraRood Astronomische Satelliet (IRAS) heeft in ons Melkwegstelsel een pasgeboren ster ontdekt in de wolk Barnard 5, in het sterrenbeeld Perseus dat zich op minder dan 1000 lichtjaren van de aarde bevindt. De jonge ster (zie pijl), die protoster wordt genoemd, is niet meer dan 100 000 jaar oud en is omgeven door een wolk van stof en gas. Zij vertoont veel overeenkomst met onze zon zoals die 4,6 miljard jaar geleden werd gevormd.

B5-IRS 1 heeft nog niet het stadium bereikt waarin toenemende temperatuur en dichtheid een thermonucleaire reactie veroorzaken. De ster 'schijnt' daarom nog

niet en is bovendien onzichtbaar voor optische telescopen omdat zij zich nog verschuilt in een donkere wolk. IRAS heeft de zwakke warmtestraling van het object echter wel kunnen registreren.

Deze protoster onderscheidt zich van de meeste van zijn soortgenoten door zijn lage energieproductie. Dit geeft aan dat de ster een kleine massa heeft, wellicht zo klein als onze zon. Het witte gebied linksonder wijst op intense straling van hete materie in een wolk van waterstof. Dit zogenaamde H-II gebied is ontstaan door ultravioletstraling die door hete jonge sterren in dat gebied wordt uitgezonden.



Een door de computer vervaardigde afbeelding van door IRAS gedane metingen op een golflengte van 100 micrometer. Wit vertegenwoordigt de sterkste straling. Van grijs naar zwart geeft een steeds zwakkere straling aan. Bij de pijl de nieuwe ster, B5-IRS 1.

Herbicidesaus

Wateronkruiden vormen een groot probleem in de waterwegen en meren van vele landen. De vaak van oorsprong tropische planten komen en masse overal in zoete wateren voor. Ze verhinderen of belemmeren scheepvaart, drainage, elektriciteitsopwekking en recreatie. In een land als Nieuw Zeeland bijv. wordt in eenderde van alle wateren hinder van onkruiden ondervonden en wordt er per jaar circa 4 miljoen dollar uitgegeven aan de bestrijding ervan.

Vooral dieper in het water groeiende planten vormen een probleem, bijv. *Ceratophyllum* (hoornblad), *Eledea* (waterpest) en *Lagarosiphon* en *Egeria* (beide verwant aan waterpest, maar een nog grotere plaag). Wil men deze planten met chemicaliën te lijf gaan, dan wordt een hele watermassa van herbiciden voorzien. Hierdoor sterft niet alleen het te bestrijden kruid, maar gaan ook andere organismen in het water ten onder.

Sinds kort kan men dit probleem omzeilen. Britse onderzoekers voegden aan herbiciden een emulgator (geleermiddel) toe: daardoor werd een mayonaise-achtige vloeistof verkregen, die druppelen sliertgewijs in het water zinkt en zich aan de te vernietigen plantentengels hecht als aan frieten. De dodende werking wordt dan plaatselijk uitgeoefend als het herbicide langzaam oplost. Een groot nadeel van deze vondst is echter dat de dikke gel speciale apparatuur vergt voor het aanbrengen.

Onlangs heeft John Clayton van het Ruakura Research Station in Nieuw Zeeland met succes een variant van deze methode getest. De combinatie van een herbicide met een nieuw geleermiddel leverde

een wat dunnere gel op, meer een slasaus. Ook deze gel is voldoende zwaar om de bovenlaag van een waterkolom te doordringen. Hij kleeft niet echt aan de te bestrijden planten vast, maar is toch niet minder effectief gebleken dan de 'mayonaiseklodders'. Het voordeel is dat de 'saus' met conventionele apparatuur, dus tegen geringere kosten, aangebracht kan worden. De juiste, lagere dosis herbicide is zo ook nauwkeuriger vast te stellen. Inmiddels is voor de bestrijding van wateronkruiden een groot aantal herbiciden met wisselend succes toegepast. Voor op het wateroppervlak drijvende waterplanten(delen) is de besproeiing met herbicidenevels of -aerosolen het meest in gebruik. De schade aan andere organismen blijft beperkt, vooral bij gebruik van niet-persistente chemicaliën, die

vrij snel in onschadelijke stoffen uiteenvallen. Biologische bestrijding met behulp van insecten (snuutkevers) of vissen (de graskarper) is ecologisch gezien veel aantrekkelijker dan chemische methoden, maar niet altijd even effectief. Mechanisch oogsten van de waterplanten is zeer arbeidsintensief en heeft maar beperkte toepassingsmogelijkheden.

In vele gevallen is toepassing van de chemie nog het enig afdoende wapen in de strijd tegen wateronkruiden. Elke methode om de gebruikte hoeveelheid herbicide en de kans op uitroeiing van de verkeerde planten terug te dringen, is echter toe te juichen. De 'herbicidesaus' zal ongetwijfeld snel haar weg vinden in het waterbeheer.

J.A. Jasperse
Hamilton, N.Z.

Oudste rots

De titelhouder in de strijd om het oudste mineraal op aarde lijkt momenteel Australië, met 4,2 miljard jaar. Het gaat om zirconiumsilicaat uit Mount Harrayer in West-Australië.

De datering gebeurde met een geavanceerde versie van de methode die men gebruikte bij maanmonsters: de uranium-lood methode. Het eindproduct van het verval van ^{238}U is ^{206}Pb , een loodisotoop die in lood zelf niet voorkomt. Het gehalte aan ^{206}Pb komt dus overeen met de hoeveelheid ^{238}U die uit het mineraal verdween sedert de laatste stolling of rekristallisatie. Aangezien men de ontledingssnelheid van uraan-238 kent, kan men op die manier dus de ouderdom van het gesteente bepalen. De bepaling

van de uranium- en loodgehaltes gebeurde met ion-probe massaspectrometrie.

De vorige recordhouder, sedert 1971, was het Isua-gesteente op West-Groenland, gedateerd op 3,8 miljard jaar. In feite is het nog steeds het oudste gesteente op aarde, want het gesteente van Mount Narrayer is als geheel slechts 2,8 miljard jaar, alleen het zirconiumsilicaat is ouder. Sommige maanstenen waren echter 4,5 miljard jaar. De hypothese dat aarde en maan even oud zijn, staat nu in ieder geval weer wat steviger.

(New Scientist)

Vleesetende bijen

In het regenwoud van Panama ontdekte David Roubik van het Smithsonian Tropical Institute een nieuwe bijensoort: *Trigona hypogea*. Deze bijen hebben geen angel, wel 5 grote puntige tanden op iedere kaak en ze eten aas. Binnen een paar dagen vreet een zwerm het kadaver van een aap kaal, tot op het bot.

Ze kauwen het vlees nadat ze het met een afbrekend enzym bewerkt hebben. Na gedeeltelijke vertering ervan vliegen ze terug naar hun nest, waar ze de substantie opgeven aan de werksters. Er zijn meer bijen met tanden maar deze soort is de enige die geen pollen kan vervoeren. In het tropisch regenwoud hoeft dat geen nadeel te zijn omdat zware

regen dagelijks toch het stuifmeel van de bloemen spoelt. Het eten van vlees lijkt een goede vervanging. *Trigona hypogea* houdt het meest van amfibieën en reptielen maar eet zo nodig alles, ook vogels en insecten. De restjes van de kalkoen van Roubik vielen ook ten prooi aan de bijen!

Onderzoekers dachten dat bijen op karkassen voornamelijk vloeibare stoffen verzamelen om er hun nesten mee te plakken. Het is een verrassend ontdekking dat er een bijensoort is die vlees gebruikt als eiwitbron.

(Science 82)

Vuurvast paren

In de zaadvloeistof van Amerikaanse mannen zijn sporen aangetroffen van de vlamvertragende stof Fyrol. Dit werd ontdekt door onderzoekers van de University of Florida. Fyrol werd vroeger, net als de verwante chemische stof Tris, gebruikt voor het 'vuurvast' maken van polyester kleding. Dit gebeurt nu niet meer, omdat de stof ervan verdacht wordt steriliteit te veroorzaken. De onderzoekers denken dat de teruggang in vruchtbaarheid in Amerika sinds 1950 voor een deel ook hieraan te wijten kan zijn.

(Science 81)

	Mannetjes							Vrouwtjes						
	Pluis	Vlek	Kojak	Dorus	Allegaar	Friendje	Jasper	Geeloog	Witje	Rooie	Els	Muis	Loekie	Sonja
Mannetjes	Pluis													
	Vlek													
	Kojak													
	Dorus													
	Allegaar													
	Friendje													
	Jasper													
Vrouwtjes	Geeloog													
	Witje													
	Rooie													
	Els													
	Muis													
	Loekie													
	Sonja													

Rectificatie

In het artikel 'Sociaal gedrag bij wolven' in het meinum-mer was de figuur op pag. 374 door een fout in de kleuren niet meer te begrijpen. Daarom drukken we haar hier nogmaals af. Het grootste aantal hokjes geeft een dominantie aan op grond van hoog- en laaghoudingen (grijs). In enkele gevallen is het linker dier alleen dominant over het dier boven op grond van laaghoudingen (lichtgrijs). De zwarte hokjes geven dominantie op grond van alleen hooghoudingen aan.

Wie werkt finer: de natuur of de mensch?

Onvermoeid streeft de mensch er naar, om de natuur in hare velerlei gewrochten te evenaren, te overtreffen of zelfs overbodig te maken en het prikkelt den trots van vele dienaren der exacte wetenschappen, om een voortbrengsel der natuur, te vervangen door een „kunstproduct“, in een zéér bepaalde beteekenis des woords dan ... De engeren van geest plegen in dit verband dikwijls de uitdrukking te gebruiken van „het zich onafhankelijk maken

van de natuur“. Dat er in die gevallen op zijn best sprake is van een „changement des engagements“ ten aanzien der „natuur“, blijkt dus niet steeds voldoende te worden beseft ...

De mensch heeft methoden uitgedacht en machines gemaakt, met behulp waarvan hij dingen kan vervaardigen, die zeer fijn en precies van constructie zijn, met het blote oog gezien werkelijke kunststukjes van menselijke precisie-arbeid.

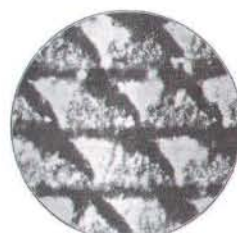
Máár ... indien wij dan het product der menschenhand en dat der natuur aan een vergrooing gaan onderwerpen, b.v. dertigvoudig, zoals in ons geval, dan zien wij plotseling, welk een „prutswerk“ uit onze handen is gekomen! De vrijwel volmaakt gewaande producten onzer fijnste instrumentenmakers en meest ingenieuze precisie-machines vertoonen zich onder den onverbiddelijken microscoop als grof, leelijk maakwerk, dat plots al zijn volmaaktheid heeft verloren. De natuur blijkt ons met stukken te hebben geslagen! De foto's leveren een onomstootelijk bewijs.



Het allerfijnste zaagje



Dunste naald van een injectiespuitje



Het allerfijnste horlogemakersviltje



De monddeelen van een bloedzuiger



Het stekende deel van een mug



Kaak van een slak

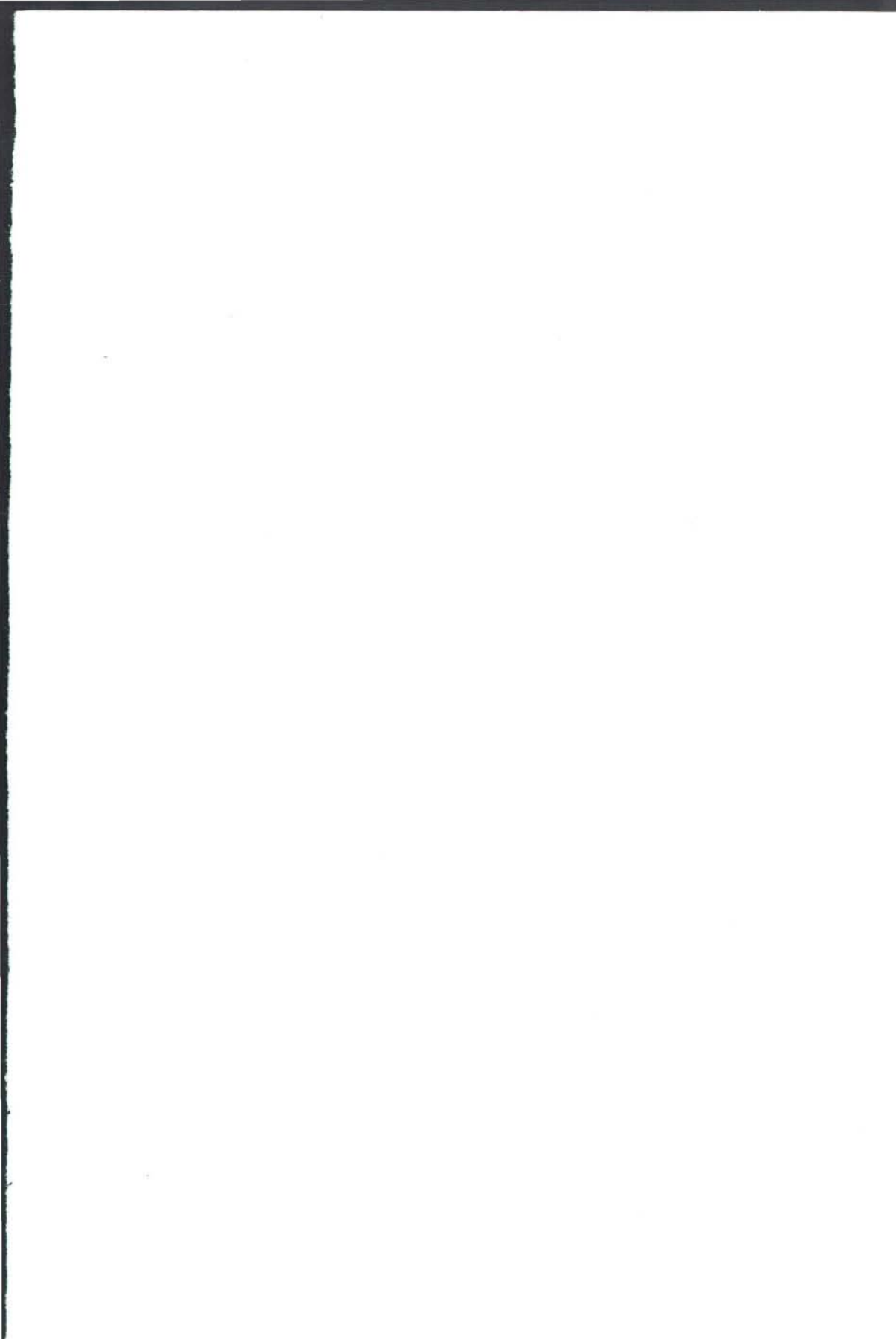
40 000 km voor een pond honing

Zeer waarschijnlijk zal niemand onzer zoo dwaas zijn, om 40 000 km te gaan afleggen om een pond honing te halen. Ook zal niemand onzer vermoeden, dat dit de afstand is die door bijen wordt afgelegd, voor ze een pond honing hebben verzameld.

Men zal zich afvragen: „Hoe

heeft men dat na kunnen gaan?“ Een honingbij vergadert op een vlucht ongeveer de helft van zijn eigen gewicht aan honing. De gemiddelde afstand, die voor deze hoeveelheid wordt afgelegd, bedraagt 3 km. Als men dan verder nog bedenkt, dat de nectar ook nog voor de helft zijn gewicht

verliest door indrogen, kan men berekenen, dat voor een pond honing wel ongeveer de bovengenoemde afstand wordt afgelegd. Het is niet te verwonderen, dat de kleine honingbij, die het ongeluk gehad heeft vóór de drukke zomer geboren te worden, slechts een levensduur van zes weken heeft, terwijl de bij, die na het drukke seizoen geboren wordt, gemiddeld zeven maanden te leven heeft.



**Bezuinigen
op Kankerbestrijding
kan natuurlijk niet.**

**Stilstand is
achteruitgang. Dus:
geef alstublieft.**

Kankeronderzoek, patiëntenzorg en voorlichting moeten doorgaan. Dit jaar garandeert het Koningin Wilhelmina Fonds daarvoor 47 miljoen gulden. Dat kan alleen als u blijft geven. Als straks de collectant voor u staat of als u straks uw giroboek te voorschijn haalt, geef dan gul.



**Kankerbestrijding. Je kan
en mag er niet omheen.**

Koningin Wilhelmina Fonds voor de Kankerbestrijding.
Sophialaan 8, 1075 BR Amsterdam. Tel: 020-64 09 91.

